



TUGAS AKHIR - TE 145561

***TELEMETERING JARINGAN PENERANGAN JALAN
UMUM MENGGUNAKAN MODUL KOMUNIKASI RADIO
FREQUENCY DENGAN METODE AUTOROUTE***

Christian Agung Wicaksono
NRP 10311500000065

Dosen Pembimbing
Slamet Budiprayitno, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 145561

***TELEMETERING PUBLIC STREET LIGHTING
NETWORK USING RADIO FREQUENCY
COMMUNICATION MODULE WITH AUTOROUTE
METHOD***

Christian Agung Wicaksono
NRP 10311500000065

Supervisor
Slamet Budiprayitno, S.T., M.T.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL AUTOMATION ENGINEERING
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

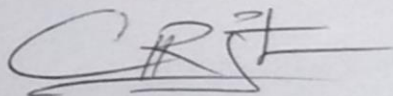
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "***Telemetering Jaringan Penerangan Jalan Umum Menggunakan Modul Komunikasi Radio Frequency dengan Metode AutoRoute***" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 27 Juli 2018



Christian Agung Wicaksono
NRP 10311500000065

TELEMETERING JARINGAN PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN MODUL KOMUNIKASI RADIO FREQUENCY DENGAN METODE AUTOROUTE

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada

Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Slamet Budiprayitno, S.T., M.T.

NIP. 19781113 201012 002

SURABAYA
JULI, 2018

TELEMETERING JARINGAN PENERANGAN JALAN UMUM MENGUNAKAN MODUL KOMUNIKASI RADIO FREQUENCY DENGAN METODE AUTOROUTE

Nama : Christian Agung Wicaksono
Pembimbing : Slamet Budiprayitno, S.T., M.T.

ABSTRAK

Di zaman *modern* ini, Penerangan Jalan Umum (PJU) yang digunakan sudah banyak menggunakan *Photo Voltaic* (PV) sebagai penyerap *input* panas matahari sebagai sumber energi. Pengembangan komunikasi data yang mencatat setiap kondisi PJU pun sudah dikembangkan. Ada beberapa jenis komunikasi jaringan PJU yang dikembangkan saat ini, salah satunya komunikasi secara serial yang menghubungkan setiap PJU.

Dengan pengiriman data yang didistribusikan pada PJU selanjutnya dan kemudian diolah oleh server, nyatanya masih memiliki kelemahan, yaitu bila salah satu komunikasi PJU rusak maka distribusi komunikasi data pun akan terputus dan tidak dapat diolah oleh server. Maka dari itu dibutuhkan sebuah pengembangan komunikasi dengan metode *AutoRoute*. Metode ini akan secara otomatis mencari PJU lainnya selama masih dalam *range* jarak yang bisa modul komunikasi tempuh. Dengan menggunakan modul *radio frequency* (RF) nRF24L01+ sebagai komunikasinya, memiliki beberapa keuntungan, yaitu jarak pengiriman data yang relatif jauh (>100m) dan harga yang lebih murah dari modul komunikasi *wireless* yang lainnya.

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nRF24L01+ memiliki keberhasilan dalam pengiriman data dengan rasio keberhasilan diatas 80% sampai jarak pengiriman 70 meter pada ruang terbuka. Dengan jarak tersebut, metode *AutoRoute* dapat diimplementasikan saat 2 – 3 PJU mengalami kerusakan sekaligus, sehingga data bisa langsung dikirimkan pada PJU yang masih berfungsi atau langsung menuju *Master*. Data monitoring pun dapat ditampilkan pada layar *Server*.

Kata Kunci: Penerangan Jalan Umum (PJU), *Radio Frequency* (RF), *Wireless Sensor Network* (WSN), *AutoRoute*, *Server*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

TELEMETERING PUBLIC STREET LIGHTING NETWORK USING RADIO FREQUENCY COMMUNICATION MODULE WITH AUTOROUTE METHOD

Name : Christian Agung Wicaksono
Supervisor : Slamet Budiprayitno, S.T., M.T.

ABSTRACT

In this modern era, the Public Street Lighting (PJU) used has been using Photo Voltaic (PV) as an absorber of solar thermal input as an energy source. Development of data communications that record every condition of PJU has been developed. There are several types of PJU network communications developed today, one of which is serial communication that connects each PJU.

With the transmission of data distributed on the next PJU and then processed by the server, in fact still has a weakness, ie if one of PJU communication is damaged then the distribution of data communication will be disconnected and can not be processed by the server. There fore required a development of communication with AutoRoute method. This method will automatically search for other PJU as long as it is in range of distance that can travel communication module. By using Radio Frequency (RF) module as its communication, it has some advantages, ie distance of data transmission which is far (>100m) and cheaper price than other wireless communication module.

From the test results found that nRF24L01 + has success in data transmission with a success ratio of above 80% to 70 meters of distance delivery in open space. With that distance, AutoRoute method can be implemented when 2 - 3 PJU suffered damage at once, so that data can be directly sent on PJU that still function or directly to Master. Monitoring's data can also be displayed on the Server screen.

Keywords: *Public Street Lighting, Radio Frequency (RF), Wireless Sensor Network (WSN), AutoRoute, Server*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan kemudahan dari-Nya, hingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik, begitu pula dengan pembuatan buku Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Departemen Teknik Elektro Otomasi Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma di Departemen Teknik Elektro Otomasi dengan judul ***“TELEMETERING JARINGAN PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN MODUL KOMUNIKASI RADIO FREQUENCY DENGAN METODE AUTOROUTE”***.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua Orang Tua penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Slamet Budiprayitno, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini serta Bapak dan Ibu Dosen penguji, seluruh Bapak dan Ibu dosen dan karyawan yang telah membimbing dan membekali ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, khususnya teman-teman angkatan 2015 yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 27 Juli 2018

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

| | HALAMAN |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | v |
| LEMBAR PENGESAHAN | vii |
| ABSTRAK | ix |
| <i>ABSTRACT</i> | xi |
| KATA PENGANTAR | xiii |
| DAFTAR ISI | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Permasalahan | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Metodologi Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Laporan | 4 |
| 1.7 Relevansi | 4 |
| BAB II TEORI PENUNJANG | 7 |
| 2.1 Arduino Nano[1] | 7 |
| 2.1.1 Spesifikasi Arduino Nano[2] | 8 |
| 2.1.2 Sumber Daya | 9 |
| 2.1.3 Memori | 9 |
| 2.1.4 <i>Input dan Output</i> | 9 |
| 2.2 <i>Real Time Clock</i> [3] | 10 |
| 2.3 Komunikasi <i>Wireless</i> [4] | 11 |
| 2.3.1 RF Modul nRF24L01+[5] | 12 |
| 2.3.2 Spesifikasi RF Modul nRF21L01+ | 13 |
| 2.4 <i>Wireless Sensor Network</i> [6] | 13 |
| 2.4.1 Arsitektur WSN | 14 |
| 2.4.2 Prinsip Kerja WSN | 15 |
| 2.5 <i>Human Machine Interface</i> [7] | 15 |
| 2.6 Microsoft Visual Studio[8] | 16 |
| BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI | 17 |

| | | |
|---|---|------------|
| 3.1 | Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>) | 19 |
| 3.1.1 | Rangkaian Arduino Nano | 22 |
| 3.1.2 | Rangkaian nRF24L01+ | 23 |
| 3.1.2 | Rangkaian RTC DS1307 | 25 |
| 3.2 | Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)..... | 26 |
| 3.3.1 | Metode Pengiriman Menggunakan nRF24L01+ | 26 |
| 3.3.2 | Algoritma <i>Client A</i> | 28 |
| 3.3.3 | Algoritma <i>Client B</i> | 29 |
| 3.3.4 | Algoritma <i>Client C</i> | 30 |
| 3.3.5 | Algoritma <i>Client D</i> | 30 |
| 3.3.6 | Algoritma <i>Client E</i> | 31 |
| 3.3.7 | Algoritma <i>Master</i> | 32 |
| 3.3.8 | Perancangan <i>Server</i> | 33 |
| BAB IV UJI UKUR DAN UJI ALAT | | 37 |
| 4.1 | Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+ | 37 |
| 4.1.1 | Pengujian pada Ruang Terbuka Tanpa Halangan | 38 |
| 4.1.2 | Pengujian pada Ruang Terbuka Terdapat Halangan | 39 |
| 4.2 | Pengujian <i>Monitoring</i> Jaringan PJU | 40 |
| 4.3 | Pengujian Komunikasi dengan Metode <i>AutoRoute</i> | 42 |
| 4.4 | Pengujian Tampilan <i>Server</i> | 60 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 63 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 63 |
| 5.2 | Saran..... | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 65 |
| LAMPIRAN A | | 67 |
| A.1. | Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+ | 67 |
| A.1.1 | Tanpa Halangan | 67 |
| A.1.2 | Terdapat Halangan | 93 |
| A.2 | Pengujian Komunikasi dengan Metode <i>AutoRoute</i> | 106 |
| LAMPIRAN B | | 125 |
| B.1. | <i>Datasheet</i> Arduino Nano | 125 |
| B.2. | <i>Datasheet</i> nRF24L01+ | 128 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | | 133 |

DAFTAR GAMBAR

| | HALAMAN |
|-------------|--|
| Gambar 2.1 | Bagian Atas Arduino Nano..... 7 |
| Gambar 2.2 | Bagian Bawah Arduino Nano 8 |
| Gambar 2.3 | Konfigurasi Pin Layout Arduino Nano 8 |
| Gambar 2.4 | RTC DS1307..... 11 |
| Gambar 2.5 | Modul nRF24L01+..... 12 |
| Gambar 2.6 | Arsitektur WSN..... 14 |
| Gambar 2.7 | Tampilan Awal Microsoft Visual Studio 2015 16 |
| Gambar 3.1 | <i>Master</i> Sistem Jaringan PJU 17 |
| Gambar 3.2 | <i>Client</i> Sistem Jaringan PJU 17 |
| Gambar 3.3 | Skema Proses Pengiriman Data Jaringan PJU 18 |
| Gambar 3.4 | <i>Wiring Diagram</i> Perangkat Keras <i>Master</i> 20 |
| Gambar 3.5 | Perangkat Keras <i>Master</i> 20 |
| Gambar 3.6 | <i>Wiring Diagram</i> Perangkat Keras <i>Client</i> 21 |
| Gambar 3.7 | Perangkat Keras <i>Client</i> 21 |
| Gambar 3.8 | Fungsi Pin Arduino Nano (<i>Master</i>)..... 22 |
| Gambar 3.9 | Fungsi Pin Arduino Nano (<i>Client</i>)..... 22 |
| Gambar 3.10 | Rangkaian Modul nRF24L01+ 24 |
| Gambar 3.11 | <i>Wiring</i> Pin Modul nRF24L01+ 24 |
| Gambar 3.12 | <i>Wiring</i> RTC DS1307 25 |
| Gambar 3.13 | Metode <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) 26 |
| Gambar 3.14 | Metode WSN dengan <i>Auto Route</i> 27 |
| Gambar 3.15 | <i>Flowchart</i> pada <i>Client A</i> 28 |
| Gambar 3.16 | <i>Flowchart</i> pada <i>Client B</i> 29 |
| Gambar 3.17 | <i>Flowchart</i> pada <i>Client C</i> 30 |
| Gambar 3.18 | <i>Flowchart</i> pada <i>Client D</i> 31 |
| Gambar 3.19 | <i>Flowchart</i> pada <i>Client E</i> 32 |
| Gambar 3.20 | <i>Flowchart</i> pada <i>Master</i> 33 |
| Gambar 3.21 | Tampilan <i>Login</i> Perancangan HMI 34 |
| Gambar 3.22 | Tampilan Menu <i>Monitoring</i> Perancangan HMI 34 |
| Gambar 3.23 | <i>Screen 1</i> 34 |
| Gambar 3.24 | <i>Screen 2</i> 35 |
| Gambar 3.25 | <i>Screen 3</i> 35 |
| Gambar 4.1 | Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+ 38 |
| Gambar 4.2 | Pengujian pada Ruang Terbuka Tanpa Halangan 38 |
| Gambar 4.3 | Pengujian pada Ruang Terbuka Terdapat Halangan 39 |
| Gambar 4.4 | Pengujian <i>Monitoring</i> Jaringan PJU 40 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.5 | Kondisi Pertama..... | 44 |
| Gambar 4.6 | Kondisi Ke-2 | 44 |
| Gambar 4.7 | Kondisi Ke-3 | 44 |
| Gambar 4.8 | Kondisi Ke-4 | 44 |
| Gambar 4.9 | Kondisi Ke-5 | 45 |
| Gambar 4.10 | Kondisi Ke-6 | 45 |
| Gambar 4.11 | Kondisi Ke-7 | 45 |
| Gambar 4.12 | Kondisi Ke-8 | 46 |
| Gambar 4.13 | Kondisi Ke-9 | 46 |
| Gambar 4.14 | Kondisi Ke-10..... | 46 |
| Gambar 4.15 | Kondisi Ke-11 | 46 |
| Gambar 4.16 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Pertama ... | 47 |
| Gambar 4.17 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-2 | 48 |
| Gambar 4.18 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-3 | 50 |
| Gambar 4.19 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-4 | 51 |
| Gambar 4.20 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-5 | 52 |
| Gambar 4.21 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-6 | 53 |
| Gambar 4.22 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-7 | 55 |
| Gambar 4.23 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-8 | 56 |
| Gambar 4.24 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-9 | 57 |
| Gambar 4.25 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-10 | 58 |
| Gambar 4.26 | Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-11 | 59 |
| Gambar 4.27 | Tampilan Server <i>Software</i> Microsoft Visual Studio 2015..... | 61 |
| Gambar 4.28 | <i>Device</i> Tidak Terkoneksi dengan HMI | 61 |
| Gambar 4.29 | Tampilan <i>Server</i> dengan Indikator <i>Error</i> Menyala | 62 |

DAFTAR TABEL

| | HALAMAN |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano | 8 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi RF Modul nRF24L01+ | 13 |
| Tabel 3.1 Fungsi Pin Arduino Nano (<i>Master</i>)..... | 23 |
| Tabel 3.2 Fungsi Pin Arduino Nano (<i>Client</i>) | 23 |
| Tabel 3.3 <i>Wiring</i> Pin nRF24L01+ dengan Arduino Nano | 25 |
| Tabel 3.4 <i>Wiring</i> Pin RTC DS1307 dengan Arduino Nano | 26 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian pada Ruangan Terbuka tanpa Halangan | 38 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian pada Ruangan Terbuka dengan Halangan | 39 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>Monitoring</i> Jaringan PJU | 41 |
| Tabel 4.4 Pengiriman dan Penerimaan Data Modul nRF24L01+ ... | 43 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Pertama | 47 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-2.. | 49 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-3.. | 50 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-4.. | 51 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-5.. | 52 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-6.. | 54 |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-7.. | 55 |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-8.. | 56 |
| Tabel 4.13 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-9.. | 57 |
| Tabel 4.14 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-10 | 58 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian Metode <i>AutoRoute</i> pada Kondisi Ke-11 | 60 |

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu fasilitas umum yang sering dijumpai di jalan kecil maupun jalan besar. Namun, tidak semua jalan tersebut memiliki fasilitas penerangan jalan umum karena biaya pemasangannya yang mahal dan konsumsi daya yang dibutuhkan juga besar. Salah satu alternatif yang digunakan adalah menggunakan *solar photovoltaic* atau panel surya. *Photovoltaic* (PV) digunakan untuk mengubah energi panas matahari yang menjadi energi listrik, yang kemudian disimpan dalam baterai. Lambat tahun baterai yang digunakan akan berkurang energinya dan untuk memeriksanya harus melihat dari kondisi lampu yang mulai redup. Sehingga harus melakukan mengeceknya secara langsung dan akan menghabiskan waktu dalam perjalanan menuju PJU yang bermasalah. Karena itu perlu adanya komunikasi data sehingga tidak perlu adanya pemeriksaan langsung yang bisa saja hanya membuang-buang waktu.

Pada perkembangan di zaman modern ini, sudah dikembangkan pula komunikasi data yang menghubungkan tiap PJU. Dengan begitu masing-masing PJU akan mengirimkan data *record history* secara *serial* yang kemudian data-data tersebut ditindihkan kepada PJU selanjutnya hingga menuju *Server* sebagai pengolah data-data tersebut. Tetapi metode ini memiliki kelemahan, yaitu bila terjadi kerusakan pada salah satu PJU, maka data yang dikirimkan akan terputus dan tidak bisa diolah oleh *Server*. Akibatnya akan membuat distribusi data menjadi kacau. Karena itu diperlukan perkembangan komunikasi data yang bisa menangani masalah tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, menarik bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir dengan judul “*Telemetering Jaringan Penerangan Jalan Umum Menggunakan Modul Komunikasi Radio Frequency dengan Metode AutoRoute*”.

Metode *AutoRoute* adalah metode yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Prinsip kerja dari metode *AutoRoute* ini adalah apabila salah satu PJU mengalami gangguan sehingga tidak dapat melakukan komunikasi, maka PJU yang mengirimkan data ini akan mencari PJU lainnya yang masih berada dalam jangkauan komunikasi data. Dari permasalahan ini perlu diperhatikan juga dalam pemilihan komponen dengan jarak jangkauan yang luas dalam pengirimannya.

Maka digunakanlah modul komunikasi *Radio Frequency* (RF) untuk pengiriman dan penerimaan data. Selain harganya yang lebih murah dibandingkan dengan komunikasi *wireless* lainnya, seperti *Bluetooth* dan *Wi-Fi*, modul komunikasi RF ini dalam jangkauan transmisinya relatif lebih jauh. Setelah data-data tiap PJU dikirimkan, maka data-data tersebut akan diolah oleh *Server* dalam tampilan *Human Machine Interface* (HMI) sederhana. *Server* akan menampilkan *self-diagnose* dari masing-masing PJU, sehingga akan terlihat informasi dari kondisi PJU guna mempermudah dalam perawatan dan perbaikan PJU.

1.2 Permasalahan

Permasalahan utama pada sistem PJU Tenaga Surya pada saat ini yakni membutuhkan pemeliharaan yang ekstra agar menghasilkan energi yang maksimal, sistem untuk *me-monitoring* lampu PJU Tenaga Surya kurang efisien dalam *me-monitoring device* PJU Tenaga Surya. Walaupun sudah dikembangkan dalam *me-monitoring* jaringan PJU secara komunal dengan mengintegrasikan setiap PJU tetapi masalah yang dihadapi yaitu jika salah satu komunikasi tidak berfungsi atau rusak maka jalur komunikasi akan terputus sehingga data-data tidak bisa dikirimkan menuju *Server*. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengatasi hal tersebut dengan menggunakan metode *Auto Route* sehingga data-data yang akan dikirimkan pada *Server* tidak terputus serta mempermudah mengetahui kondisi PJU yang rusak dan mendapat penanganan langsung untuk segera diperbaiki. Permasalahan lainnya bisa saja terjadi *error* pada data yang dikirimkan karena data yang dikirimkan akan ditumpangkan kepada *Client* lainnya, sehingga bila data diterima oleh *Server*, data bisa saja tertukar atau tidak diterima karena *error* ini.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis hanya berfokus pada:

1. Komunikasi data jaringan PJU terdiri lima PJU atau *Client*.
2. Pengambilan data jarak jangkauan RF Modul maksimal 100 meter.
3. Setiap *Client* hanya dapat menerima maksimal 3 data dari *Client* lainnya.
4. Data dari setiap *Client* secara terintegrasi dapat dipantau melalui *Server* dalam tampilan *Human Machine Interface* (HMI) sederhana.

5. Tampilan *Server* menggunakan *software* Microsoft Visual Studio 2015.
6. Data yang di-*monitoring* berupa tegangan dari Panel Surya dan arus pada baterai PJU, dapat berupa *data dummy*.

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengirimkan keadaan pada panel surya dan baterai masing-masing PJU kepada *Server*.
2. Me-*monitoring* kondisi dari masing-masing PJU.
3. Mengatasi permasalahan *monitoring* PJU apabila salah satu PJU rusak sehingga tidak mengakibatkan putusnya distribusi pengiriman data.
4. Membantu perencanaan perawatan dan perbaikan sehingga kerusakan / pemadaman lampu bisa dihindari.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam perancangan Tugas Akhir yang berjudul *Telemetry Jaringan Penerangan Jalan Umum Menggunakan Modul Komunikasi Radio Frequency* dengan Metode *AutoRoute*, ada beberapa kegiatan yang dapat diuraikan yaitu meliputi tahap persiapan (*study literature*), tahap perencanaan dan pembuatan alat, tahap pengujian dan analisa, serta penyusunan laporan.

Pada tahap *study literature* akan dipelajari mengenai konsep dasar kelebihan dan kekurangan PJU Tenaga Surya, mempelajari komunikasi menggunakan media komunikasi radio (*wireless*), mempelajari komunikasi *wireless* dengan metode *AutoRoute*, mempelajari pemrograman dengan Arduino Nano, mempelajari cara *parsing* data dan membuat paket *parsing* data pada tipe data *string*

Tahap perencanaan dan pembuatan alat meliputi perencanaan pembuatan perangkat keras dan lunak. Pada tahap pembuatan perangkat keras akan dilakukan pembuatan rangkaian komunikasi antar PJU. Pada tahapan pembuatan perangkat lunak akan dilakukan pembuatan program pada Arduino untuk menyinkronisasi keseluruhan sistem komunikasi PJU.

Setelah itu dilakukan pengujian alat, menganalisa kesalahan atau kegagalan pada alat dan mengatasi permasalahan tersebut. Tahapan ini dilakukan dengan melakukan pengujian komunikasi antara *Master* dan

Client serta *Human Machine Interface* (HMI) dan kemampuan dalam mengirimkan paket data pada jarak dan kondisi tertentu. Data hasil pengujian tersebut akan dianalisa kemudian mencari tahu faktor apa saja yang menyebabkan alat tidak bekerja sesuai dengan keinginan atau terjadi error.

Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan akhir yang bertujuan sebagai bukti tertulis bahwa pernah dilakukan penelitian mengenai tugas akhir ini.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini dibagi menjadi 5 (lima) Bab adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah sistematika penulisan serta relevansi yang digunakan dalam Tugas Akhir yang dibuat.

BAB II TEORI PENUNJANG

Menjelaskan dasar teori yang berisi tentang konsep yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan serta pembuatan alat yang dibuat.

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Dalam bab ini membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari rangkain elektronika dan perangkat lunak (*software*) yang terdiri dari program yang digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

BAB IV UJI UKUR DAN UJI ALAT

Membahas pengujian dari alat yang telah dibuat dan menganalisa hasil yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan alat dan saran-saran untuk pengembangan alat ini selanjutnya.

1.7 Relevansi

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk memudahkan dalam mengatasi masalah seperti tidak terbacanya kondisi dari PJU karena terjadi gangguan atau kerusakan pada PJU. Karena bila sebuah PJU mengalami gangguan atau kerusakan maka distribusi pengiriman dapat

terputus sehingga mengakibatkan hilangnya data-data yang seharusnya dapat diterima oleh *Server*. Dengan metode *AutoRoute* ini akan menghindari permasalahan tersebut sehingga data-data yang diperlukan akan tetap bisa diterima dan ditampilkan pada *Server*. Dengan demikian akan memudahkan dalam *monitoring* setiap PJU yang mengalami gangguan atau kerusakan dan dapat langsung mendapat penanganan dalam hal perawatan dan perbaikan tanpa perlu mengecek keadaan PJU di jalan.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

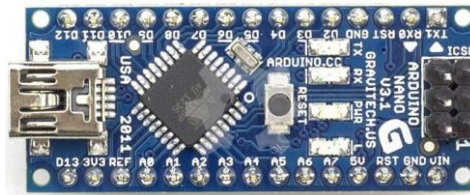
TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan membahas teori-teori penunjang yang akan diimplementasikan dalam *Telemetering* Jaringan Penerangan Jalan Umum Menggunakan Modul Komunikasi *Radio Frequency* dengan Metode *AutoRoute*, seperti Arduino Nano, *Real Time Clock* (RTC), Komunikasi *Wireless*, *Wireless Sensor Network*, *Human Machine Interface* (HMI) dan Microsoft Visual Basic.

2.1 Arduino Nano[1]

Arduino merupakan sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler.

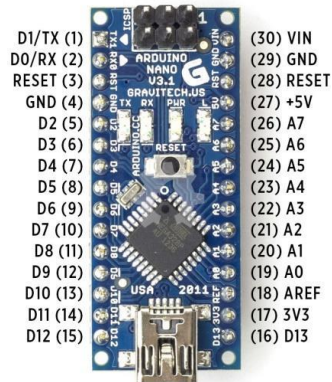
Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech. Arduino Nano ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. Konfigurasi pin layout Arduino Nano ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Bagian Atas Arduino Nano



Gambar 2.2 Bagian Bawah Arduino Nano



Gambar 2.3 Konfigurasi Pin Layout Arduino Nano

2.1.1 Spesifikasi Arduino Nano[2]

Arduino Nano adalah board Arduino terkecil yang menggunakan mikrokontroler Atmega 328 untuk Arduino Nano 3.x dan Atmega168 untuk Arduino Nano 2.x. Varian ini mempunyai rangkaian yang sama dengan jenis Arduino Duemilanove, tetapi dengan ukuran dan desain PCB yang berbeda. Berikut ini adalah spesifikasi dari Arduino Nano yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano

| | |
|----------------------------|---|
| Mikrokontroler | Atmel ATmega168 atau ATmega328 |
| Tegangan Operasi | 5V |
| Input Voltage (disarankan) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Pin Digital I/O | 14 (6 pin digunakan sebagai output PWM) |
| Pins Input Analog | 8 |

| | |
|---------------------|--|
| Arus DC per pin I/O | 40 mA |
| Flash Memory | 16KB (ATmega168) atau 32KB (ATmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader |
| SRAM | 1 KB (ATmega168) atau 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 512 byte (ATmega168) atau 1KB (ATmega328) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Ukuran | 1.85cm x 4.3cm |

2.1.2 Sumber Daya

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi.

2.1.3 Memori

ATmega168 memiliki 16 KB flash memori untuk menyimpan kode (2 KB digunakan untuk *bootloader*); memiliki 1 KB memori pada SRAM dan 512 byte pada EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

ATmega328 memiliki flash memori sebesar 32 KB (2 KB digunakan untuk *bootloader*); memiliki 2 KB memori pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

2.1.4 Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital pada Arduino Nano dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Semua pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara *default*) sebesar 20-50 KOhm. Selain itu beberapa pin memiliki fungsi khusus, yaitu:

1. **Serial** : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL.

2. **External Interrupt** : Pin 2 dan pin 3 ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
3. **PWM** : Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite()*. Biasanya diberi tanda titik atau strip.
4. **SPI** : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.
5. **LED** : Pin 13. Tersedia secara *built-in* pada papan Arduino Nano. Ketika pin diset bernilai *HIGH*, maka LED menyala, dan ketika pin diset bernilai *LOW*, maka LED padam.

Arduino Nano memiliki 8 pin sebagai *analog input*, diberi label A0 sampai dengan A7, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit. Secara *default* pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi *analogReference()*. Pin Analog 6 dan 7 tidak dapat digunakan sebagai pin digital. Selain itu juga, beberapa pin memiliki fungsi yang dikhususkan, yaitu:

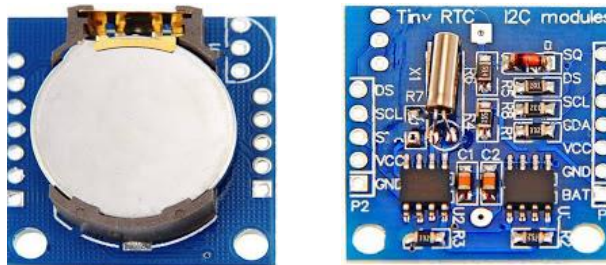
1. **I2C** : Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL). Yang mendukung komunikasi I2C (TWI) menggunakan perpustakaan *Wire*.
2. **AREF** : Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
3. **RESET** : Jalur *LOW* ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada *shield*.

2.2 Real Time Clock[3]

Real Time Clock (RTC) adalah sebuah jam elektronik yang berbentuk modul yang berfungsi untuk menjalankan fungsi waktu dan kalender secara *realtime*.

Salah satu RTC yang sudah populer dan mudah penggunaannya adalah modul RTC DS1307. Komponen DS1307 berupa IC yang perlu dilengkapi dengan komponen pendukung lainnya seperti *crystal* sebagai sumber *clock* dan baterai eksternal 3,6 Volt sebagai sumber energi cadangan agar fungsi penghitung tidak berhenti, walaupun *supply input* dimatikan. Bentuk komunikasi data dari DS1307 adalah I2C. Waktu dan kalender dari RTC menyediakan detik, menit, jam, hari, tanggal bulan dan tahun. Otomatis penyesuaian jumlah hari dalam satu bulan dan

penyesuaian jumlah hari dalam tahun biasa dan tahun kabisat. Format waktu bisa menggunakan format 24 jam atau 12 jam AM/PM. Modul RTC DS1307 ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 RTC DS1307

2.3 Komunikasi *Wireless*[4]

Komunikasi *wireless* adalah transfer data atau informasi tanpa menggunakan suatu media yang terbungkus atau terlindungi seperti kabel tetapi menggunakan media udara sebagai jalur komunikasinya. IDalam industri telekomunikasi mengacu pada sistem telekomunikasi (misalnya pemancar radio dan penerima, remote kontrol, jaringan komputer, terminal jaringan, dll) yang menggunakan beberapa bentuk energi (misalnya frekuensi radio (RF), cahaya inframerah, sinar laser, cahaya tampak, energi akustik, dll) untuk mentransfer informasi tanpa menggunakan kabel.

Jaringan berbasis *wireless* mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagaimana jaringan komunikasi yang menggunakan kabel. Adapun kelebihan yang paling mendasar dari sebuah jaringan *wireless* adalah sifat mobilitasnya yang tinggi dan terhindar dari belitan kabel yang terkadang membuat sebagian orang merasa terganggu. Namun disamping kelebihan tersebut terdapat pula kekurangan, diantara kekurangan jaringan *wireless* adalah rentannya gangguan gelombang apabila mendapati cuaca buruk, rentan interferensi dari gelombang radio yang dipancarkan oleh perangkat lain, serta harus benar-benar dipastikan tidak ada hambatan seperti tembok, bukti, dan pohon yang dapat mengurangi kualitas dari pancaran gelombang *wireless*.

Adapun kelebihan lainnya dari penggunaan komunikasi *wireless*, antara lain:

1. Cocok untuk digunakan pada jaringan yang cakupan areanya sangat luas.

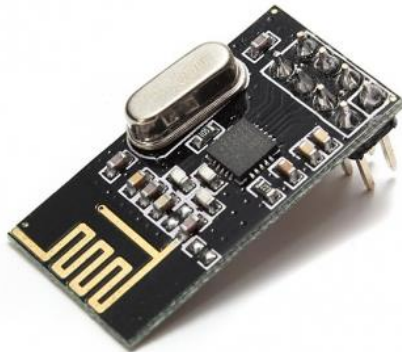
2. Kecepatan transfer data yang cenderung stabil.
3. Kompatibel hampir dengan berbagai jenis perangkat, seperti smartphone dan laptop
4. Memungkinkan sebuah *hardware* bekerja didalam jaringan secara *portable*.
5. Kekuatan sinyal masih bisa diperkuat dengan menggunakan alat bantu khusus, seperti antena dan penguat sinyal.

Komunikasi *wireless* dapat melalui:

1. Frekuensi radio komunikasi.
2. Komunikasi gelombang mikro, misalnya jangka panjang *line-of-sight* melalui antena.
3. Inframerah (IR) komunikasi jarak pendek, misalnya dari *remote* kontrol.

2.3.1 RF Modul nRF24L01+[5]

Radio Frequency Module (RF Modul) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengirim atau menerima sinyal radio antara dua perangkat. Memiliki rentang frekuensi yang sesuai bervariasi antara 30 kHz & 300 GHz. Aplikasi RF Modul yang paling sering digunakan, antara lain untuk aplikasi pembuka garasi, sistem alarm nirkabel, remote kontrol, aplikasi sensor pintar, dan sistem otomasi rumah nirkabel.



Gambar 2.5 Modul nRF24L01+

Salah satu *device* yang digunakan untuk komunikasi *wireless* menggunakan RF modul adalah Modul nRF21L01+. Modul nRF24L01+ adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang

memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific dan Medical*). Modul ini memiliki perangkat keras yang berupa *Baseband Logic Enhanced ShockBurst* dan *Protocol Accelerator* yang memungkinkan untuk berkomunikasi dalam kecepatan tinggi. Modul nRF24L01+ memiliki *true ULP solution*, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun. Modul nRF24L01+ ditunjukkan pada Gambar 2.5.

2.3.2 Spesifikasi RF Modul nRF21L01+

Modul nRF24L01+ merupakan komunikasi *Half Duplex*, yaitu bentuk komunikasi dua arah, namun secara bergantian (tidak dapat secara bersama-sama) antara mentransmisikan dan menerima data. Modul NRF24L01+ memiliki 8 buah pin, diantaranya: VCC (3.3V DC), GND, CE, CSN, MOSI, MISO, SCK dan IRQ. Berikut ini adalah spesifikasi dari RF Modul nRF24L01+ yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi RF Modul nRF24L01+

| Modul Komunikasi | nRF24L01+ |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Frekuensi Kerja | 2.4 GHz sampai 2.4835 GHz |
| Tegangan kerja | 1.8 - 3.6 VDC |
| Arus kerja | 250mA (max) |
| Kecepatan Transfer | 250 Kbps, 1Mbps, 2 Mbps |
| Jangkauan Pengiriman | 300 meter di tempat terbuka |
| Operasi Suhu | -40 - +85°C |
| <i>Maximum Pipelines/node</i> | 6 |
| <i>Interface</i> | 4 wire SPI |

2.4 Wireless Sensor Network[6]

Wireless Sensor Network atau disingkat WSN merupakan jaringan *wireless* alat yang menggunakan sensor untuk memonitor fisik atau kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lain-lain. Perkembangan dari WSN sebenarnya sudah dimulai dari kebutuhan dalam bidang militer seperti pemantauan pada saat perang di medan perang. tapi sekarang WSN sudah digunakan dalam bidang industri dan penggunaan untuk kemudahan masyarakat sipil, melingkupi pengawasan dan pengontrolan proses dalam industri, mesin pengawasan kesehatan, pemantau kondisi lingkungan, aplikasi untuk kesehatan, otomatisasi pada rumah, dan pengaturan pada lalu lintas.

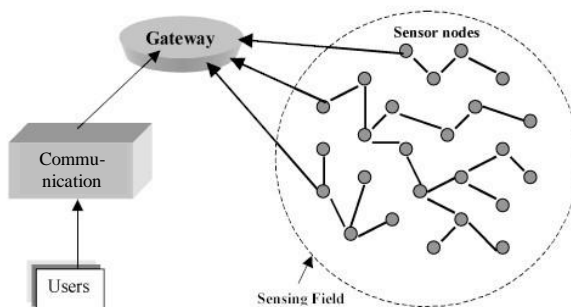
Dalam penambahan pada satu atau lebih suatu sensor, masing-masing node dalam WSN biasanya dilengkapi dengan *radio transceiver* atau alat komunikasi wireless lainnya, mikrokontroler kecil dan sumber energi. Aplikasi dan penggunaan dari WSN umumnya adalah untuk *monitoring*, *tracking* dan *controlling*.

Berikut adalah beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dari teknologi WSN:

1. Praktis karena tidak perlu ada instalasi kabel yang rumit dan dalam kondisi geografi tertentu sangat menguntungkan dibanding *wired* sensor.
2. Sensor menjadi bersifat *mobile*, artinya pada suatu saat dimungkinkan untuk memindahkan sensor untuk mendapat pengukuran yang lebih tepat tanpa harus khawatir mengubah desain ruangan maupun susunan kabel ruangan.
3. Meningkatkan efisiensi secara operasional.
4. Mengurangi total biaya sistem secara signifikan.
5. Dapat mengumpulkan data dalam jumlah besar.
6. Konfigurasi *software* lebih mudah.
7. Memungkinkan komunikasi digital 2 arah.

2.4.1 Arsitektur WSN

Setiap node WSN umumnya berisi sistem *sensing*, *processing*, *communication* dan *power* yang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.6. Bagaimana menggabungkan sistem-sistem tersebut adalah hal yang harus diperhatikan ketika kita melakukan perancangan. Sistem *processor* merupakan bagian sistem yang terpenting pada WSN yang dapat mempengaruhi *performance* ataupun konsumsi energi.



Gambar 2.6 Arsitektur WSN

Arsitektur WSN terdiri dari *data acquisition network* dan *data distribution network*. *Monitoring* dan sistem kontrol dilakukan oleh *management center*. Arsitektur WSN secara umum dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6.

2.4.2 Prinsip Kerja WSN

Secara umum WSN didefinisikan sebagai salah satu dari jenis jaringan *wireless* (nirkabel) terdistribusi, yang memanfaatkan teknologi *Embedded system* (sistem benam) dan seperangkat node sensor.

Berikut ini adalah prinsip kerja dari WSN:

1. *Sensorboard*, mengumpulkan data berupa intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, ataupun pergerakan objek dalam ruangan.
2. *Mote* kemudian mengirimkan data *sensing* ke *gateway*.
3. *Gateway* mengolah data *sensing* dan mengirimkannya ke *server*.
4. *Server* memproses data dari *gateway* untuk ditampilkan. Bila sensor melaporkan parameter yang melewati batasan yang ditentukan, *server* memberi perintah pada kontroler.
5. Kontroler mengendalikan *switch* untuk menaikkan atau menurunkan kinerja peralatan listrik.

2.5 Human Machine Interface[7]

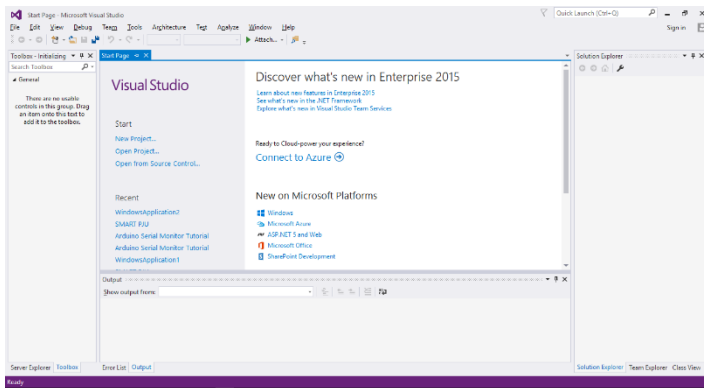
Human Machine Interface (HMI) adalah *user interface* dan sistem *control* yang dilengkapi dengan penerimaan data, *event logging*, *video feed* dan pemicu. Singkatnya, HMI adalah sebuah *interface* atau tampilan penghubung antara manusia dengan mesin. HMI memvisualisasikan kejadian, peristiwa, atau pun proses yang sedang terjadi di plant secara nyata sehingga dengan HMI operator lebih mudah dalam melakukan pekerjaan fisik. Biasanya HMI digunakan juga untuk menunjukkan kesalahan mesin, status mesin, memudahkan operator untuk memulai dan menghentikan operasi, serta memonitor beberapa *part* pada lantai produksi.

HMI mempunyai fungsi, diantaranya memonitor keadaan yang ada di plant, mengatur nilai pada parameter yang ada di plant, mengambil tindakan yang sesuai dengan keadaan yang terjadi, memunculkan tanda peringatan dengan menggunakan alarm jika terjadi sesuatu yang tidak normal, menampilkan pola data kejadian yang ada di plant baik secara *real time* maupun *historical* (*Trending history* atau *real time*).

2.6 Microsoft Visual Studio[8]

Microsoft Visual Studio merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (suite) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi console, aplikasi windows, ataupun aplikasi web. Visual Studio mencakup kompiler, SDK, Integrated Development Environment (IDE), dan dokumentasi (umumnya berupa MSDN Library). Kompiler yang dimasukkan ke dalam paket Visual Studio antara lain Visual C++, Visual C#, Visual Basic, Visual Basic .NET, Visual InterDev, Visual J++, Visual J#, Visual FoxPro, dan Visual SourceSafe.

Microsoft Visual Studio dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi dalam native code (dalam bentuk bahasa mesin yang berjalan di atas Windows) ataupun managed code (dalam bentuk Microsoft Intermediate Language di atas .NET Framework). Selain itu, Visual Studio juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi Silverlight, aplikasi Windows Mobile (yang berjalan di atas .NET Compact Framework). Tampilan Awal Microsoft Visual Studio 2015 ditunjukkan pada Gambar 2.7.

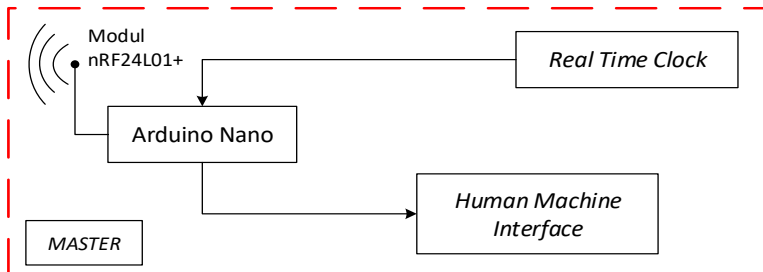


Gambar 2.7 Tampilan Awal Microsoft Visual Studio 2015

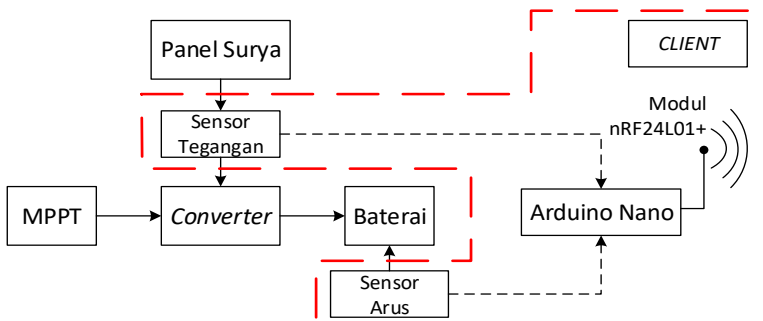
BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini membahas perancangan *Telemetering* Jaringan Penerangan Jalan Umum Menggunakan Modul Komunikasi *Radio Frequency* dengan Metode *AutoRoute* yang meliputi perancangan *hardware* dan *software*. Pembuatan Tugas Akhir ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu *Master* dan *Client*. Pada bagian *Master* digunakan untuk melakukan perintah *monitoring* masing-masing PJU, yang meliputi tegangan pada panel surya dan arus pada baterai. Sedangkan pada bagian *Client* digunakan untuk mengukur besarnya data PJU tegangan pada panel surya dan arus pada baterai, kemudian mengirimkannya ke bagian *Master*. Pengiriman dilakukan secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan menggunakan RTC (*Real Time Clock*). Berikut ini merupakan blok fungsional diagram masing-masing bagian sistem *Master* dan *Client* yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



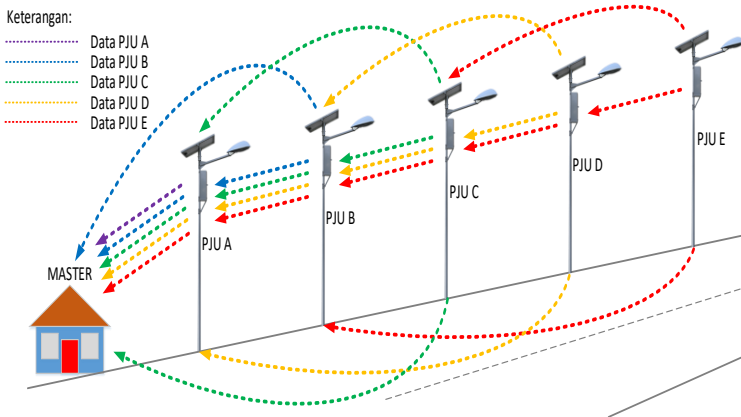
Gambar 3.1 *Master* Sistem Jaringan PJU



Gambar 3.2 *Client* Sistem Jaringan PJU

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, fokus pengerjaan diperlihatkan pada garis putus-putus berwarna merah yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

Pada sistem ini terdapat tiga *Client* yang memiliki wireless sehingga ketiga *Client* dapat saling terhubung. Proses mengirim data dari *Client* ke *Master* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema Proses Pengiriman Data Jaringan PJU

Proses pengiriman data antara setiap *Client* dengan *Master* pada dasarnya menggunakan konsep pengiriman data *line to line*. Akan tetapi ada satu kondisi, jika terjadi masalah pada salah satu *Client*, maka *Client* akan mengirimkan datanya kepada *Client* lainnya selama jangkauan dari nRF24L01+ masih cukup bisa menjangkaunya. Metode inilah yang dinamakan dengan Metode *Auto Route*. Berikut ini adalah penjelasan dari Gambar 3.3:

1. Proses *monitoring* tegangan pada panel surya dan arus pada baterai dilakukan pada bagian *Master* dengan *Interface* menggunakan *software* HMI *Visual Basic*.
2. Masing-masing *Client* memiliki *interval* waktu untuk mengirimkan data menuju *Master*. Data yang dikirim setiap *Client* berupa variabel nilai tegangan pada panel surya dan arus pada baterai. Sebelum data tersebut dikirimkan oleh *Client*, data tersebut dibentuk dalam paket data dengan format, ID *Client* Pengirim, Data Tegangan dan Data Arus.

3. Pengiriman data oleh *Client* ke *Master* terdapat dua cara, yaitu:
 - a. Data *monitoring* yang dikirim oleh *Client* E ke *Master* harus melalui *Client* D, C, B dan A. Oleh karena itu, setiap *Client* harus mengenali data dirinya sendiri dengan cara memberikan kode setiap *Client*. Proses ini menggunakan konsep pengiriman data *Line to Line*.
 - b. Jika terjadi kerusakan pada salah satu *Client* maka pengiriman data tidak akan terputus. Pengiriman data akan secara otomatis menggunakan metode *Auto Route*. Dimana selama jangkauan dari modul komunikasi masih terjangkau, maka paket data akan dikirimkan pada *Client* yang terdekat atau langsung menuju *Master*.
4. Setelah data sampai pada bagian *Master*, data tersebut kemudian dilakukan *parsing* data, gunanya untuk memecah data sesuai dengan ID pengirim dan nilai dari data tersebut (data tegangan dan arus).

Selanjutnya pada BAB ini akan membahas mengenai 2 sub BAB bagian, yaitu:

1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)
2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

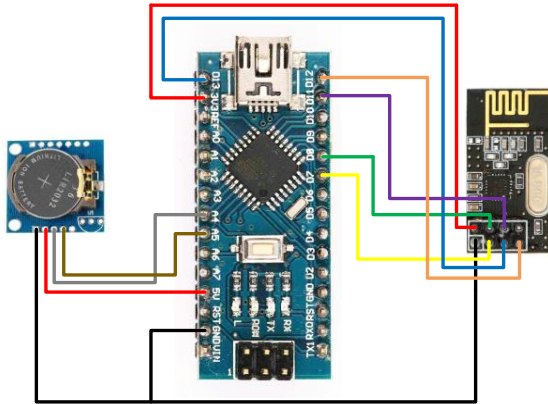
Pada BAB ini berisi bagaimana tahapan yang dilakkan dalam perancangan dan pembuatan Tugas Akhir Kontroler untuk sistem jaringan PJU. Penjelasan mengenai perancangan keras bagian *Master* dan perancangan keras bagian *Client* pada sistem *monitoring* jaringan PJU.

Pada perancangan perangkat keras rangkaian modul *Master*, digunakan untuk me-*monitoring* kondisi dari masing-masing PJU, apakah dalam kondisi yang baik atau tidak. Objek yang diamati berupa Tegangan pada panel surya dan Arus pada baterai. Data dari hasil pembacaan tegangan dan arus tersebut kemudian dikirimkan ke *Master* untuk di-*monitoring* oleh operator. Berikut adalah penjabaran sistem *Master* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1, yaitu:

1. Kontroler : Arduino Nano
2. Komunikasi : SPI (nRF24L01+)
3. *Interface* : Microsoft Visual Studio 2015

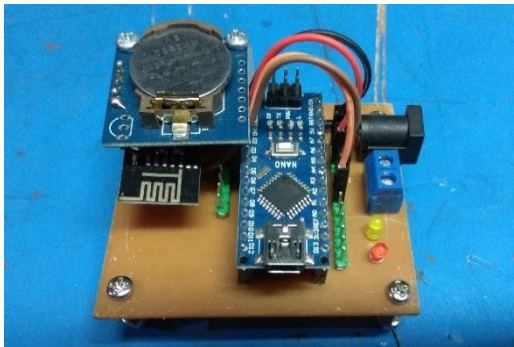
4. Pencatatan Waktu : RTC (DS1307)

Wiring diagram perancangan perangkat keras rangkaian modul *Master* rangkaian *Master* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Wiring Diagram Perangkat Keras Master*

Realisasi perancangan perangkat keras rangkaian modul *Master* dapat dilihat pada Gambar 3.5.

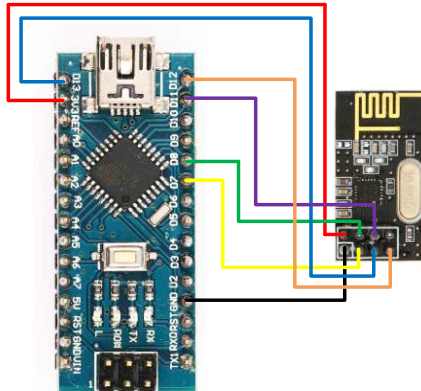


Gambar 3.5 *Perangkat Keras Master*

Pada perancangan perangkat keras rangkaian modul *Client*, digunakan untuk mengukur besarnya data PJU tegangan dan arus tersebut, kemudian mengirimkannya ke bagian *Master*. Bagian-bagian dari blok diagram sistem *Client* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2, yaitu:

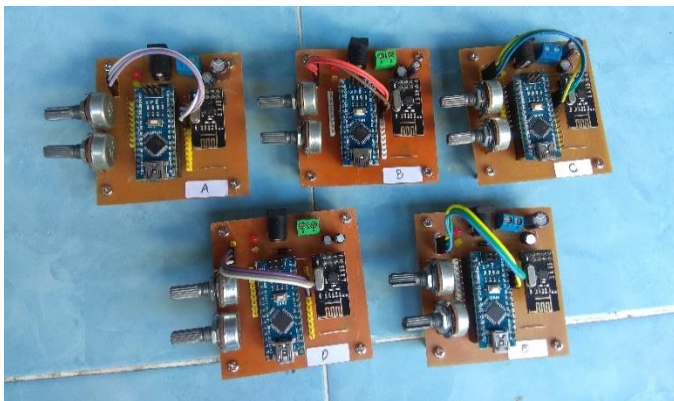
1. Kontroler : Arduino Nano
2. Komunikasi : SPI (nRF24L01+)
3. Sensor Tegangan : Potensio (sebagai data *dummy*)
4. Sensor Arus : Potensio (sebagai data *dummy*)

Wiring diagram perancangan perangkat keras rangkaian modul *Master* rangkaian *Master* yang ditunjukkan oleh Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Wiring Diagram* Perangkat Keras *Client*

Hasil perancangan perangkat keras rangkaian modul *Client* dapat dilihat pada Gambar 3.7.

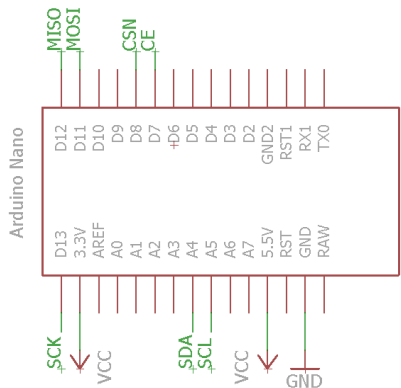


Gambar 3.7 Perangkat Keras *Client*

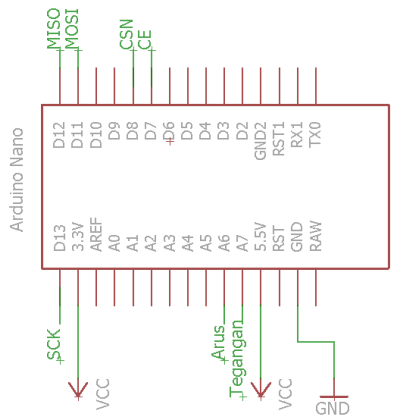
3.1.1 Rangkaian Arduino Nano

Arduino Nano digunakan sebagai kontroler dari rangkaian modul *Master* dan *Client*. Arduino Nano memiliki fungsi, yaitu untuk *monitoring*. *Monitoring* adalah menerima data tegangan dan arus yang dikirim dari masing-masing *Client* menggunakan RF Modul nRF24L01+. Kemudian data-data tersebut akan ditampilkan pada PC / Laptop sebagai *interface*-nya.

Berikut ini adalah diagram fungsional dari keseluruhan alat seperti pada Gambar 3.8 untuk *Master* dan Gambar 3.8 untuk *Client*.



Gambar 3.8 Fungsi Pin Arduino Nano (*Master*)



Gambar 3.9 Fungsi Pin Arduino Nano (*Client*)

Berikut penjelasan penggunaan masing-masing pin Arduino Nano dengan komponen lain pada bagian *Master* dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan pada bagian *Client* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Fungsi Pin Arduino Nano (*Master*)

| No | Pin Arduino Nano | Keterangan |
|----|------------------|------------------------------|
| 1. | SPI | Komunikasi dengan nRF24L01+ |
| 2. | I2C | Komunikasi dengan RTC DS1307 |
| 3. | D9 | Indikator Menerima |
| 4. | D10 | Indikator Mengirim |

Tabel 3.2 Fungsi Pin Arduino Nano (*Client*)

| No | Pin Arduino Nano | Keterangan |
|----|------------------|-----------------------------|
| 1. | SPI | Komunikasi dengan nRF24L01+ |
| 2. | A7 | Sensor Tegangan |
| 3. | A6 | Sensor Arus |
| 4. | D9 | Indikator Menerima |
| 5. | D10 | Indikator Mengirim |

3.1.2 Rangkaian nRF24L01+

RF Modul nRF24L01+ adalah sebuah modul komunikasi yang memanfaatkan gelombang RF 2,4GHz. Manfaat menggunakan nRF24L01+ komunikasi jarak dekat antar titik untuk sistem yang luas. Modul Transceiver NRF24L01 ini menggunakan SPI atau *Serial Peripheral Interface* untuk komunikasi *wireless* antara *Master* dan *Client*. Komunikasi SPI membutuhkan 3 jalur yaitu MOSI, MISO dan SCK. Melalui komunikasi ini data dapat saling dikirimkan baik antara mikrokontroler maupun antara mikrokontroler dengan *peripheral* lain diluar mikrokontroler. Kemampuan *transmitter* dan *receiver* data nRF24L01+ hanya dapat dilakukan secara bergantian (*half duplex*), jadi fungsi *transmitter* dan *receiver* tidak bisa digunakan secara bersamaan. Untuk berkomunikasi, nRF24L01+ menggunakan *pipe* sebagai saluran data sebesar 5 byte dalam bilangan *hexadecimal*. Kecepatan dalam pengiriman datanya sebesar 250Kbps, 1Mbps dan 2Mbps, selain itu terdapat pengaturan *power amplifier* untuk menggunakan daya dan jarak modul ini.

Modul nRF24L01+ ini digunakan untuk berkomunikasi antara 1 buah *Master* dan 3 buah *Client*. Sebelum data dikirim oleh *Client*, data tegangan dan arus, dikirim dalam bentuk *String* (kata). Setelah data

[illegible]

The diagram shows the following connections:

- Arduino Nano:**
 - D13 to ANTENNA GND
 - 3.3V to ANTENNA VCC
 - AREF to ANTENNA CE
 - A0 to ANTENNA CSN
 - A1 to ANTENNA SCK
 - A2 to ANTENNA MOSI
 - A3 to ANTENNA MISO
 - A4 to ANTENNA IRQ
 - A5 to ANTENNA GND
 - A6 to ANTENNA GND
 - A7 to ANTENNA GND
 - 5.5V to ANTENNA GND
 - RST1 to ANTENNA GND
 - GND to ANTENNA GND
 - RAW to ANTENNA GND
- ADXL345 Module:**
 - Pin 1: GND
 - Pin 2: VCC
 - Pin 3: CE
 - Pin 4: CSN
 - Pin 5: SCK
 - Pin 6: MOSI
 - Pin 7: MISO
 - Pin 8: IRQ

24

Tabel 3.4 Wiring Pin RTC DS1307 dengan Arduino Nano

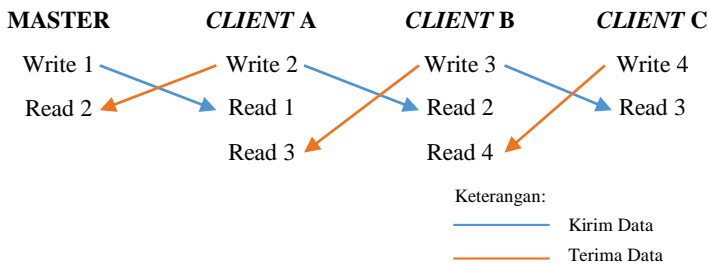
| No | Pin RTC DS1307 | Pin Arduino Nano |
|----|----------------|------------------|
| 1. | SDA | A4 |
| 2. | SCL | A5 |

3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan perangkat lunak pada sistem ini dibuat dua program untuk menjalankan alat. Program pertama untuk memprogram Arduino dan program lainnya untuk memprogram *Interface* pada PC/Laptop menggunakan Microsoft Visual Studio. Pada pemrograman Arduino dibagi dua lagi menjadi program untuk *Master* dan *Client*. Pada setiap *Client* memiliki program tersendiri, tergantung pada proses pengiriman data. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing program:

3.2.1 Metode Pengiriman Menggunakan nRF24L01+

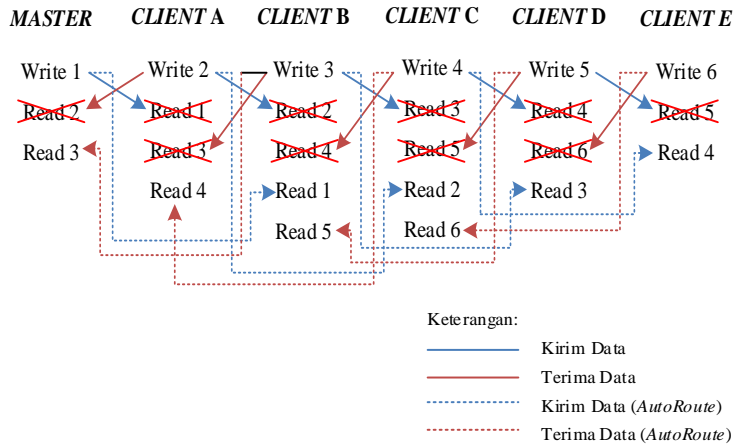
RF Modul nRF24L01+ merupakan sebuah modul Komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang *Radio Frequency* 2.4GHz. Modul ini menggunakan SPI untuk berkomunikasi. Tegangan kerja atau *supply input* dari modul ini adalah 3.3VDC. Transfer aau pengiriman data menggunakan metode *Wireless Sensor Network*, yang ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Metode *Wireless Sensor Network* (WSN)
(sumber: Pradana, 2017)

Gambar 3.13 merupakan cara atau metode komunikasi untuk *monitoring* jaringan PJU yang dibuat masih menggunakan konsep *point to point*. Dimana bila salah satu *Client* mendapat kerusakan maka

komunikasi akan terputus dan harus mengecek setiap *Client* untuk mengetahui *Client* mana yang mengalami kerusakan. Maka dari itu perlu diperlukan sebuah metode untuk mengatasi hal tersebut.

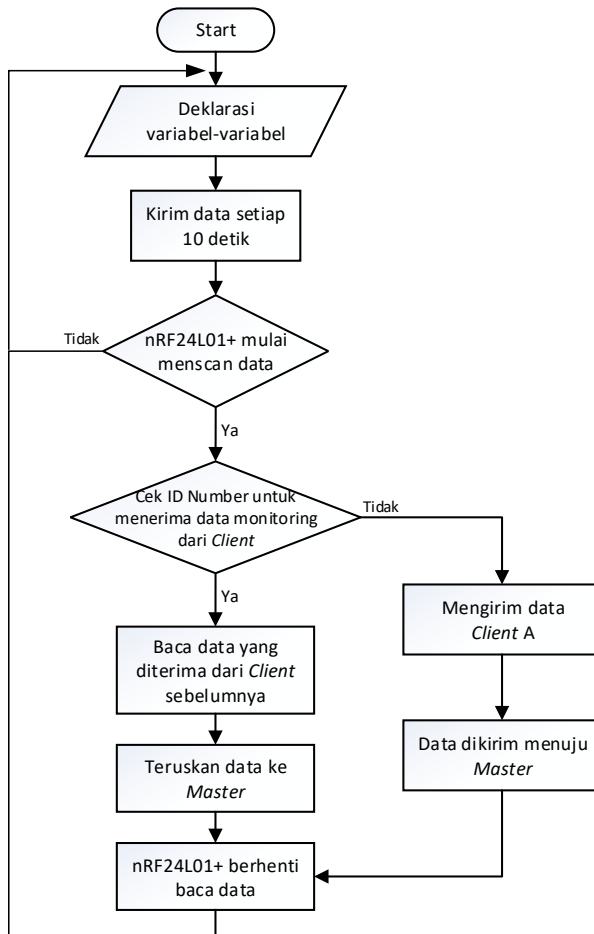


Gambar 3.14 Metode WSN dengan *Auto Route*

Gambar 3.14 merupakan metode komunikasi yang dibuat dalam perancangan Tugas Akhir untuk me-monitoring sistem jaringan PJU yang terdiri dari *Master* dan 5 buah *Client*. Perintah kirim dan terima data dibedakan menjadi 2 saluran data (*pipe*), disimbolkan dengan arah panah berwarna biru (kirim) dan merah (terima). Apabila *Master* akan melakukan perintah kepada *Client*, maka perintah tersebut dibedakan melalui ID *Number Pipe Address* masing-masing *Client*. Setiap perintah yang dikirim dari *Master* akan dilakukan pengecekan setiap *Client*, jika perintah itu bukan untuk *Client* tersebut maka perintah dari *Master* akan diteruskan ke *Client* selanjutnya. Sebaliknya, pengiriman data masing-masing *Client*, data yang dikirimkan akan diterima dan dilanjutkan kepada *Client* lainnya sampai diterima *Master*. Akan tetapi ada satu kondisi dimana jika terjadi kerusakan pada salah satu *Client*, data tetap bisa dikirim dan diterima oleh *Client* lainnya ataupun *Master* selama jarak pengiriman data masih dapat dijangkau. Dengan begitu dapat memungkinkan mengatasi masalah keterbatasan jarak dan penggunaan *radio frequency* dengan daya yang besar serta tetap terjadi pengiriman data karena kerusakan disalah satu *Client*-nya.

3.2.2 Algoritma *Client A*

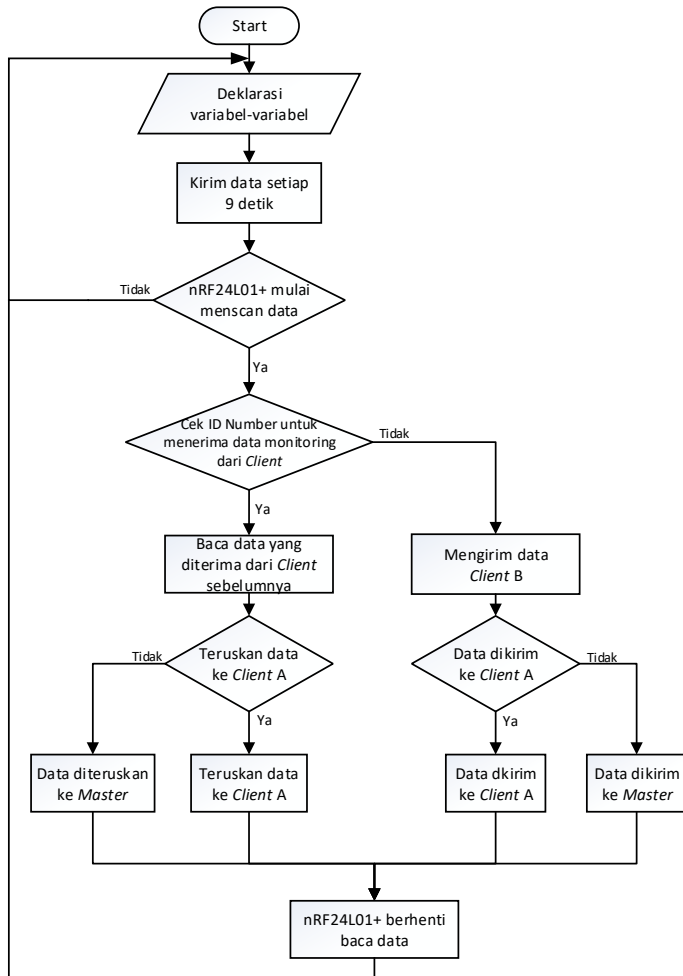
Algoritma pada *Client A* dapat dilihat pada Gambar 3.15, pada awal pemrograman dibutuhkan deklarasi variabel-variabel untuk program khusus *Client A*. Pada *setup* program diatur pengiriman data otomatis hasil pengukuran pada *Client A* setiap 10 detik. Kemudian dalam program perulangan, nRF24L01+ mulai men-*scan* data yang diterima.



Gambar 3.15 Flowchart pada *Client A*

3.2.3 Algoritma *Client B*

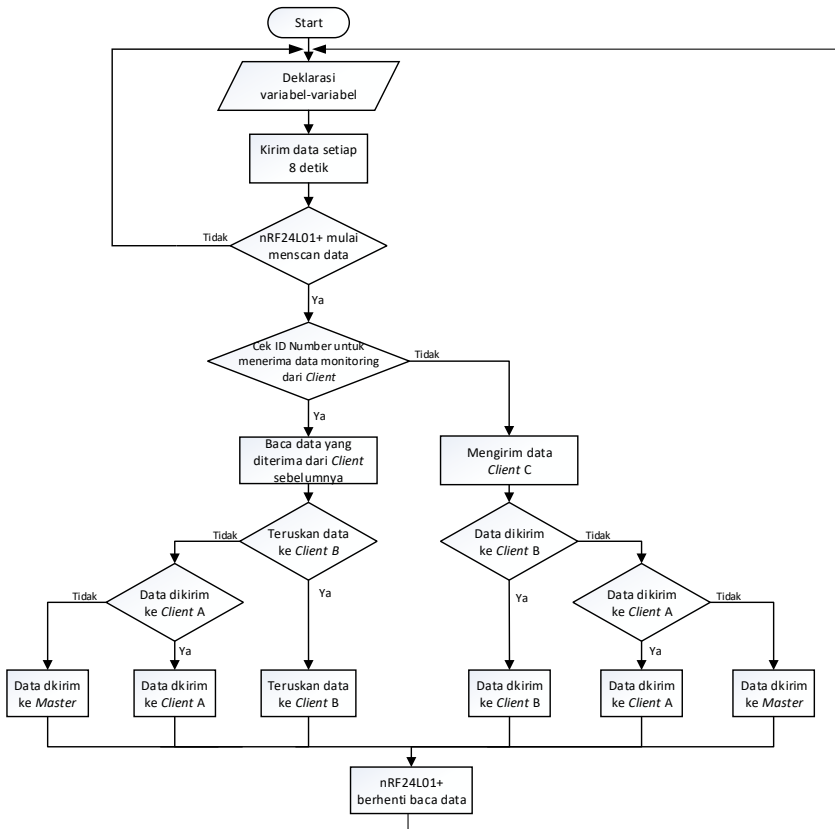
Algoritma pada *Client B* dapat dilihat pada Gambar 3.16, pada awal pemrograman dibutuhkan deklarasi variabel-variabel untuk program khusus *Client B*. Pada *setup* program diatur pengiriman data otomatis hasil pengukuran pada *Client B* setiap 9 detik. Kemudian dalam program perulangan, nRF24L01+ mulai men-scan data yang diterima.



Gambar 3.16 Flowchart pada *Client B*

3.2.4 Algoritma *Client C*

Algoritma pada *Client C* dapat dilihat pada Gambar 3.17, pada awal pemrograman dibutuhkan deklarasi variabel-variabel untuk program khusus *Client C*. Pada *setup* program diatur pengiriman data otomatis hasil pengukuran pada *Client C* setiap 8 detik. Kemudian dalam program perulangan, nRF24L01+ mulai men-scan data yang diterima.

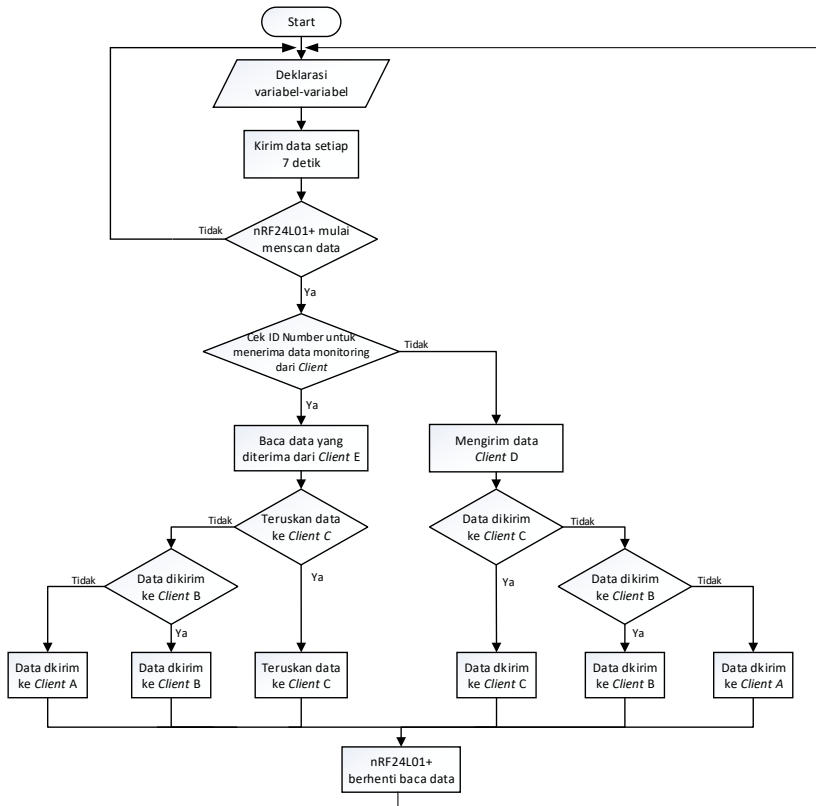


Gambar 3.17 Flowchart pada *Client C*

3.2.5 Algoritma *Client D*

Algoritma pada *Client D* dapat dilihat pada Gambar 3.18, pada awal pemrograman dibutuhkan deklarasi variabel-variabel untuk

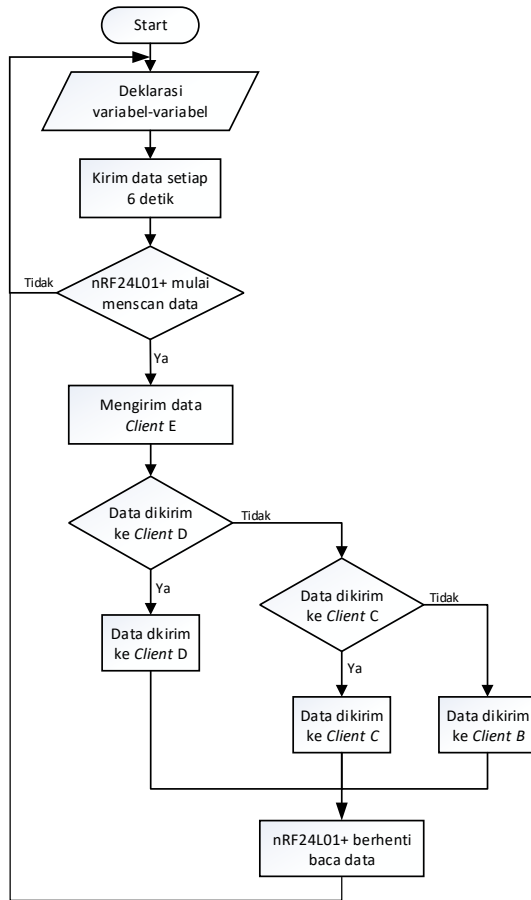
program khusus *Client D*. Pada *setup* program diatur pengiriman data otomatis hasil pengukuran pada *Client D* setiap 7 detik. Kemudian dalam program perulangan, nRF24L01+ mulai men-*scan* data yang diterima.



Gambar 3.18 Flowchart pada *Client D*

3.2.6 Algoritma *Client E*

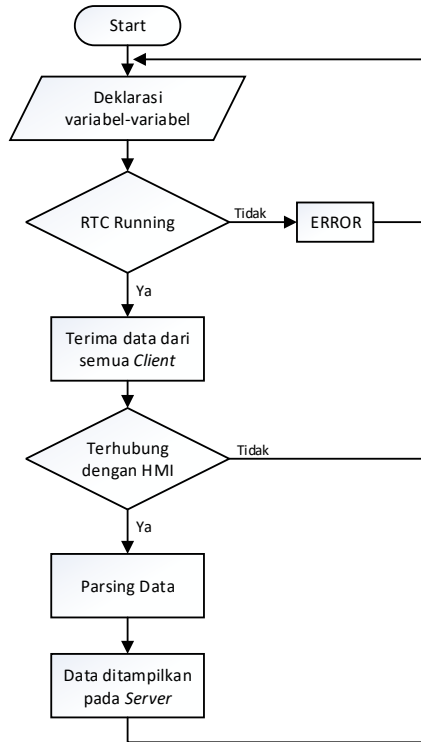
Algoritma pada *Client E* dapat dilihat pada Gambar 3.19, pada awal pemrograman dibutuhkan deklarasi variabel-variabel untuk program khusus *Client E*. Pada *setup* program diatur pengiriman data otomatis hasil pengukuran pada *Client E* setiap 6 detik. Kemudian dalam program perulangan, nRF24L01+ mulai men-*scan* data yang diterima.



Gambar 3.19 Flowchart pada Client E

3.2.7 Algoritma Master

Algoritma pada *Master* dapat dilihat pada Gambar 3.20, tidak berbeda dengan *Client*, pada awal pemrograman dibutuhkan deklarasi variabel-variabel untuk program khusus *Master*. Pada *setup* program diatur penerimaan data dan *control* secara otomatis pada setiap *Client* sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dengan bantuan RTC. Kemudian dalam program perulangan, nRF24L01+ mulai men-*scan* data yang diterima.



Gambar 3.20 Flowchart pada Master

3.2.8 Perancangan Server

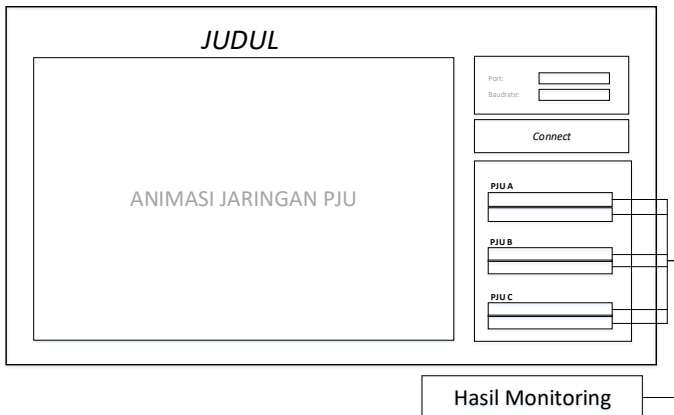
Microsoft Visual Studio merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (*suite*) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi *windows*, ataupun aplikasi *web*. Pada perancangan perangkat lunak Tugas Akhir ini menggunakan *software* Microsoft Visual Studio untuk membuat tampilan HMI pada *Server*. Komunikasi antara HMI dan Arduino menggunakan USB.

Tampilan *Human Machine Interface* pada *Server* untuk pembuatan Tugas Akhir ini akan dibuat seperti Gambar 3.21, yang digunakan sebagai perintah untuk dapat masuk kedalam sistem dengan memasukan *username* dan *password*.



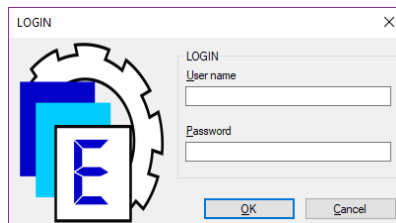
Gambar 3.21 Tampilan *Login* Perancangan HMI

Selanjutnya perancangan panel *monitoring* pada jaringan PJU ditunjukkan pada Gambar 3.22 sebagai tampilan hasil *monitoring* dari masing-masing PJU.



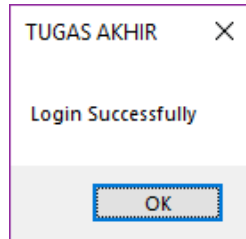
Gambar 3.22 Tampilan Menu *Monitoring* Perancangan HMI

Hasil dari perancangan tampilan Aplikasi *Human Machine Interface* dari sistem *monitoring* jaringan PJU yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.23, Gambar 3.24 dan Gambar 3.25.



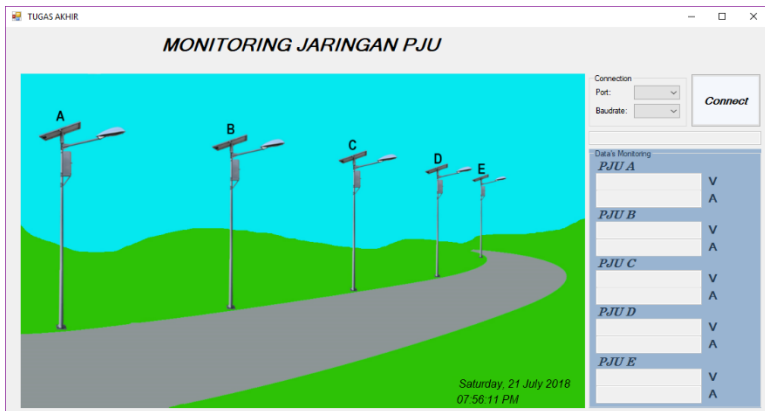
Gambar 3.23 Screen 1

Gambar 3.23 merupakan tampilan awal sebelum masuk ke dalam menu sistem *monitoring* jaringan PJU. Dibagian ini harus memasukan *username* dan *password* untuk bisa masuk ke dalam menu utama.



Gambar 3.24 Screen 2

Setalah memasukan *username* dan *password* akan tampil tampilan seperti pada Gambar 3.24. Gambar 3.24 merupakan tampilan bertuliskan “*Login Successfully*” sebelum memasuki menu utama *monitoring* sistem jaringan PJU.



Gambar 3.25 Screen 3

Gambar 3.25 merupakan tampilan utama yang digunakan sebagai hasil *monitoring* sistem jaringan PJU.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

UJI UKUR DAN UJI ALAT

Untuk mengetahui apakah tujuan-tujuan dari pembuatan alat ini telah tercapai atau tidak, maka perlu dilakukan sebuah pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibuat. Untuk mendapatkan evaluasi terhadap perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), sehingga akan dapat dilakukan langkah-langkah positif guaa membawa alat ini kearah yang lebih baik. Adapun pengujian yang dilakukan, meliputi:

1. Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+
2. Pengujian *Monitoring* Jaringan PJU
3. Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute*
4. Pengujian *Human Machine Interface* pada PC / Laptop menggunakan *software* Microsoft Visual Studio

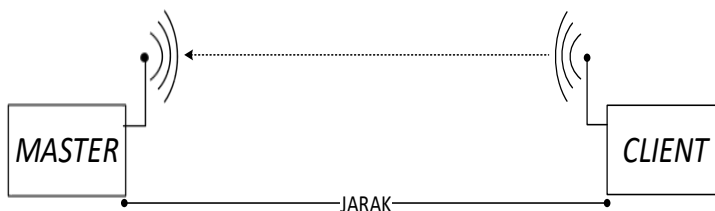
4.1 Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+

Pengujian jangkauan komunikasi ini dilakukan untuk mengetahui jarak optimal dalam proses pengiriman data antar nRF24L01+. Pengiriman data dilakukan sebanyak 100 kali pada setiap jarak yang sama dengan selang waktu pengiriman 3 detik. Data yang dikirim berupa data ADC oleh *Client* kepada *Master*, kemudian data tersebut dicocokkan dan akan menghasilkan data *error* (gagal) dari pengiriman data tersebut. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pada ruang terbuka tanpa halangan dan ruang terbuka terdapat halangan.

Peralatan yang dibutuhkan dalam Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+, antara lain:

1. PC / Laptop
2. Adaptor / *Power Supply*
3. Rangkaian Perangkat Keras *Master* dan *Client*
4. *Software* Arduino IDE

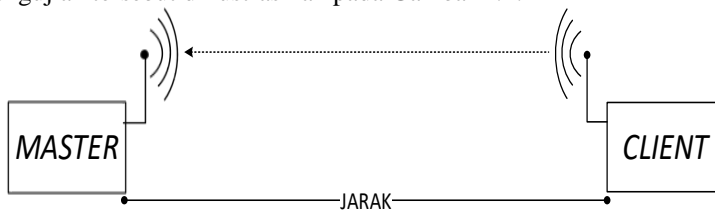
Pengujian jangkauan komunikasi modul nRF24L01+, hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan pengisian program terlebih dahulu menggunakan *Software* Arduino IDE, kemudian atur jarak yang diperlukan antara *Master* dan *Client*. Pengujian jangkauan komunikasi modul nRF24L01+ ini dilakukan guna mengetahui jarak optimal dalam proses pengiriman data, yang diilustrasikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+

4.1.1 Pengujian pada Ruang Terbuka Tanpa Halangan

Pengujian jangkauan komunikasi modul nRF24L01+ pada ruang terbuka tanpa halangan dilakukan pada jarak 10 sampai 100 meter. Pengujian tersebut diilustrasikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian pada Ruang Terbuka Tanpa Halangan

Tabel 4.1 Hasil Pengujian pada Ruang Terbuka tanpa Halangan

| No. | Jarak (Meter) | Keberhasilan Penerimaan Data (%) |
|-----|---------------|----------------------------------|
| 1. | 10 | 100% |
| 2. | 20 | 100% |
| 3. | 30 | 100% |
| 4. | 40 | 100% |
| 5. | 50 | 98% |
| 6. | 60 | 93% |
| 7. | 70 | 86% |
| 8. | 80 | 77% |
| 9. | 90 | 73% |
| 10. | 100 | 59% |

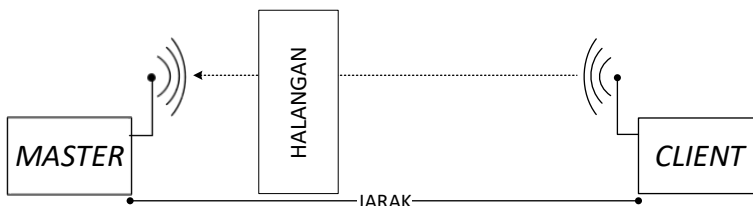
Hasil pengujian pengiriman data oleh *Client* kepada *Master* pada ruang terbuka tanpa halangan dirangkum pada Tabel 4.1. Data yang dikirimkan oleh *Client* kepada *Master* adalah berupa data ADC. Data

keseluruhan hasil pengujian menggunakan modul nRF24L01+ dapat dilihat secara detail pada Lampiran A.1.1.

Semakin jauh jarak komunikasi akan mengakibatkan *error* atau kegagalan pada penerimaan data. Jangkauan pengiriman data pada ruang terbuka tanpa halangan lebih baik diatur paling jauh 70 meter karena *rasio* keberhasilan penerimaan data diatas 80%.

4.1.2 Pengujian pada Ruang Terbuka Terdapat Halangan

Pengujian jangkauan komunikasi modul nRF24L01+ pada ruang terbuka terdapat halangan dilakukan pada jarak 10 sampai 50 meter. Halangan yang digunakan berupa bangunan kontainer. Dimensi dari halangan tersebut, yaitu sekitar 5 x 2.5 x 3 m³. Pengujian tersebut diilustrasikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengujian pada Rungan Terbuka Terdapat Halangan

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Ruang Terbuka dengan Halangan

| No. | Jarak (Meter) | Keberhasilan Penerimaan Data (%) |
|-----|---------------|----------------------------------|
| 1. | 10 | 63% |
| 2. | 20 | 84% |
| 3. | 30 | 81% |
| 4. | 40 | 71% |
| 5. | 50 | 27% |

Hasil pengujian pengiriman data oleh *Client* kepada *Master* pada ruang terbuka terdapat halangan dirangkum pada Tabel 4.2. Data yang dikirimkan oleh *Client* kepada *Master* adalah berupa data ADC. Data keseluruhan hasil pengujian menggunakan modul nRF24L01+ dapat dilihat secara detail pada Lampiran A.1.2.

Hampir sama seperti pengambilan data pada ruang terbuka tanpa halangan, semakin jauh jarak serta tebal dan tingginya halangan untuk melakukan pengiriman data, akan mengakibatkan *error* atau kegagalan pada penerimaan data. Jangkauan pengiriman data pada ruang terbuka

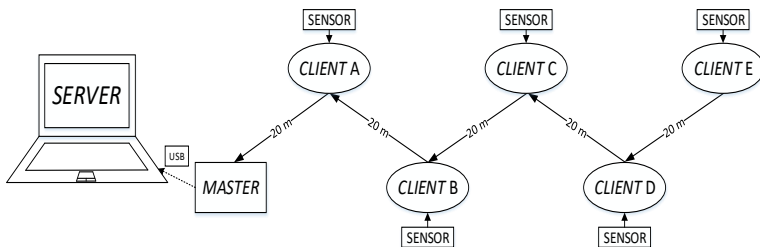
terdapat halangan lebih baik diatur 20 – 40 meter karena *rasio* keberhasilan penerimaan data diatas 70%.

4.2 Pengujian *Monitoring Jaringan PJU*

Pengujian *monitoring* jaringan PJU ini digunakan untuk mengetahui kinerja dan keadaan data hasil pembacaan sensor masing-masing *Client*. Hasil *monitoring* setiap *Client* yang diterima *Master* harus sesuai dengan data keadaan yang sebenarnya. Untuk melakukan pengujian pertama-tama perlu dilakukan pengisian program pada masing-masing rangkaian. Sesuaikan jarak yang diperlukan antara *Client* dan *Client* serta *Master*. Kemudian catat hasil pengiriman data tersebut dan harus sesuai antara data yang dikirimkan oleh *Client* dengan data yang diterima oleh *Master*.

Peralatan yang dibutuhkan dalam Pengujian *Monitoring Jaringan PJU*, antara lain:

1. PC / Laptop
2. Adaptor / *Power Supply*
3. Rangkaian Perangkat Keras *Master* dan *Client*
4. *Software* Arduino IDE



Gambar 4.4 Pengujian *Monitoring Jaringan PJU*

Pengujian *monitoring* jaringan PJU ini diilustrasikan seperti Gambar 4.4, jarak antara *Master* dengan *Client* A, dan masing-masing *Client*, yaitu berjarak 20 meter. Peletakan jarak posisi dilakukan sejauh 20 meter untuk memposisikan *Client* berada pada keadaan *real* pada penerangan jalan umum yang ada di jalan-jalan pada umumnya. Gambar 4.4 menjelaskan bahwa data sensor dari masing-masing *Client* dikirimkan dengan cara mengirimkan data kepada *Client* selanjutnya dan *Client* yang dikirimkan akan meneruskan data tersebut hingga sampai pada *Master*.

Pengujian dilakukan pada pengiriman data oleh *Client E*. *Client E* mengirimkan data dari pembacaan sensor tegangan pada panel surya dan sensor arus pada baterai. Data tersebut sebelumnya akan diolah oleh *Client E* menjadi sebuah paket data yang kemudian akan dikirimkan kepada *Client D*. *Client D* akan menerima paket data tersebut dan akan meneruskannya kepada *Client C* dan begitu seterusnya sampai data diterima oleh *Client A*. Kemudian *Client A* akan meneruskan paket data tersebut hingga sampai pada *Master*. *Master* akan mengkonversi mengolah paket data tersebut menjadi nilai pembacaan sensor dari masing-masing *Client* dan mem-*parsing* atau mengelompokkan data tersebut agar dapat ditampilkan pada *Server*. Sehingga hasil pembacaan sensor-sensor tersebut dapat ter-*monitoring* dan dapat dilakukan pengecekan secara berskala. Proses yang sama seperti *Client E* jika dilakukan pengujian pada *Client A*, *Client B*, *Client C* dan *Client D* dalam pengiriman data menuju *Master*. Hasil pengujian *monitoring* jaringan PJU dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Monitoring* Jaringan PJU

| No | <i>Client</i> | | | | | <i>Master</i> | Volt |
|----|---------------|--------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E547 | D583 E547 | C470 D583 E547 | B356 C470 D583 E547 | A397 B356 C470 D583 E547 | 397 356 470 583 547 | 9,70 8,70 11,49 14,25 13,37 |
| 2. | E413 | D485 E413 | C514 D485 E413 | B371 C514 D485 E413 | A439 B371 C514 D485 E413 | 439 371 514 485 413 | 10,73 9,07 12,56 11,85 10,09 |
| 3. | E326 | D406 E326 | C515 D406 E326 | B552 C515 D406 E326 | A423 B552 C515 D406 E326 | 423 552 515 406 326 | 10,34 13,49 12,59 9,92 7,97 |
| 4. | E348 | D407 E348 | C514 D407 E348 | B371 C514 D407 E348 | A439 B371 C514 D407 E348 | 439 371 514 407 348 | 10,73 9,07 12,56 9,95 8,50 |

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|------|------|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 5. | E402 | D383 E402 | C515 | B552 | A423 | 423 | 10,34 |
| | | | D383 | C515 | B552 | 552 | 13,49 |
| | | | E402 | D383 | C515 | 515 | 12,59 |
| | | | | E402 | D383 | 383 | 9,36 |
| | | | | | E402 | 402 | 9,82 |

Dari hasil Pengujian *Monitoring* Jaringan PJU pada Tabel 4.3 menjelaskan bahwa pengiriman data oleh *Client* dibentuk dalam paket data, setiap *Client* mempunyai kode tersendiri untuk memudahkan *Master* dalam membedakan dan mengolah data yang diterimanya. Kode tersebut digunakan untuk mengenali *Client* pengirim dan agar paket data yang diterima oleh *Master* tidak tertukar tiap *Client*nya. *Client* A memiliki kode A, *Client* B memiliki kode B, *Client* C memiliki kode C, *Client* D memiliki kode D dan *Client* E memiliki kode E. kemudian *Master* akan mengkonversi paket data tersebut menjadi nilai hasil pembacaan sensor dari masing-masing *Client* mem-*parsing* nilai hasil pembacaan sensor agar dapat ditampilkan pada *Server*.

4.3 Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute*

Pengujian *monitoring* jaringan PJU ini digunakan untuk mengatasi keadaan saat dimana salah satu *Client* mengalami kegagalan atau kerusakan. Jika hal seperti ini tidak diatasi, maka akan menyebabkan distribusi pengiriman data menjadi terganggu dan paket data tidak akan sampai *Master*. Maka dari itu diperlukan metode lainnya agar distribusi pengiriman data tetap dapat berlangsung ketika ada *Client* yang bermasalah atau mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute* ini diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut.

Pengiriman data yang dilakukan oleh masing-masing *Client* sebelumnya sudah dilustrasikan dalam bentuk skema pengiriman pada Gambar 3.3. Dari Gambar skema tersebut dapat disimpulkan bahwa pengiriman menggunakan metode *AutoRoute* masing-masing *Client* hanya bisa mencangkup jarak maksimal 60 meter atau dapat menjangkau sampai 2 *Client* didepannya. Berdasarkan pengamilan data pada pengujian jangkauan komunikasi modul nRF24L01+ di ruang terbuka sebelumnya didapatkan hasil bahwa nRF24L01+ dapat melakukan penerimaan data dengan *rasio* keberhasilan diatas 80%, yaitu sejauh 70 meter. Maka berdasarkan data tersebut dalam pengujian

metode *AutoRoute* ini hanya dilakukan sejauh 60 meter. Sehingga pada masing-masing *Client* hanya dapat menerima data dari *Client* sebelumnya sebanyak 3 data *Client*. Berikut ini adalah penjelasan tentang pengiriman dan penerimaan data dari masing-masing *Client* yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengiriman dan Penerimaan Data Modul nRF24L01+

| No | Pengirim Data | Penerima Data | | | | |
|----|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | <i>Master</i> | <i>Client A</i> | <i>Client B</i> | <i>Client C</i> | <i>Client D</i> |
| 1. | <i>Client A</i> | LL | | - | - | - |
| 2. | <i>Client B</i> | AR | LL | | - | - |
| 3. | <i>Client C</i> | AR | AR | LL | | - |
| 4. | <i>Client D</i> | - | AR | AR | LL | |
| 5 | <i>Client E</i> | - | - | AR | AR | LL |

Ket: LL = *Line to Line*

AR = *AutoRoute*

Untuk melakukan pembuktian pengujian dengan metode *AutoRoute*, pertama-tama perlu dilakukan pengisian program pada masing-masing rangkaian. Jarak pengujian disesuaikan seperti pada Pengujian *Monitoring Jaringan PJU*. Kemudian uji dan catat hasil pengiriman data tersebut dengan beberapa kondisi yang berbeda. Secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A.2.

Kondisi pertama, saat *Client A* dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A* mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.5.

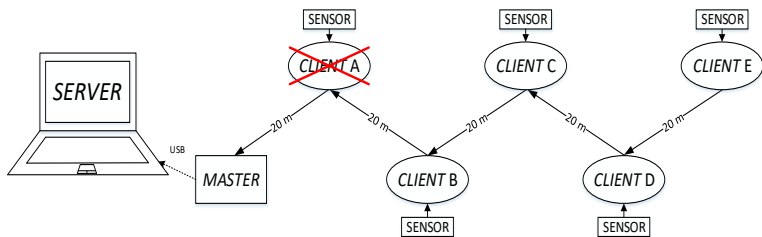
Kondisi ke-2, saat *Client C* dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client C* mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.6.

Kondisi ke-3, saat *Client A* dan B dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A* dan B mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.7.

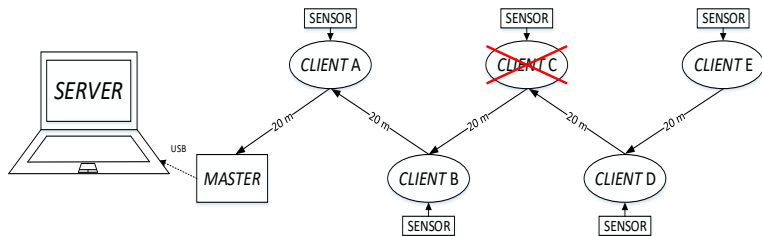
Kondisi ke-4, saat *Client A* dan D dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A* dan D mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.8.

Kondisi ke-5, saat *Client B* dan C dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client B* dan C mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.9.

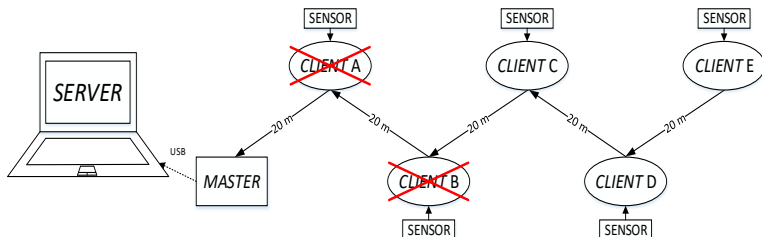
Kondisi ke-6, saat *Client C* dan D dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client C* dan D mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.10.



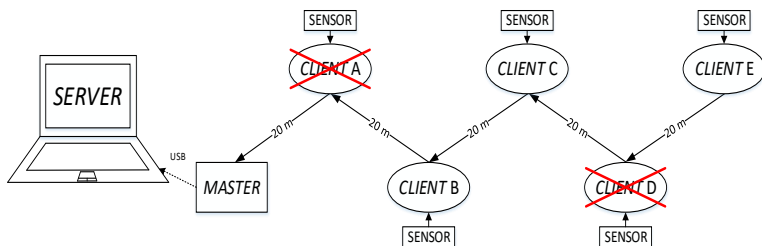
Gambar 4.5 Kondisi Pertama



Gambar 4.6 Kondisi Ke-2



Gambar 4.7 Kondisi Ke-3

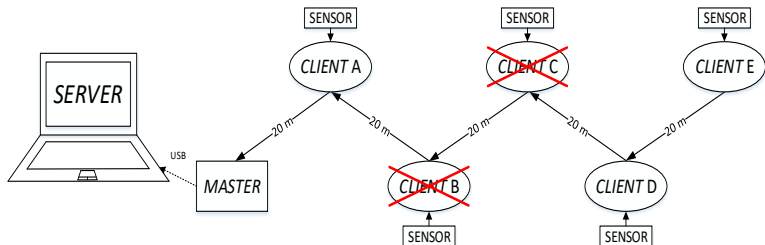


Gambar 4.8 Kondisi Ke-4

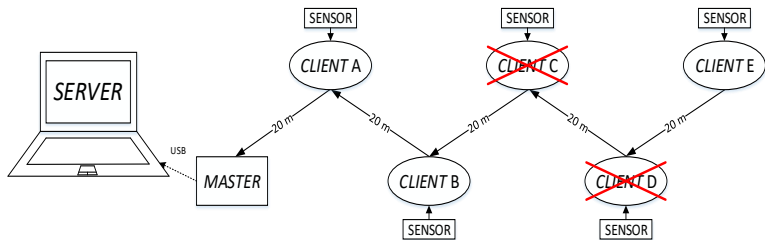
Kondisi ke-7, saat *Client A*, B dan C dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A*, B dan C mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.11.

Kondisi ke-8, saat *Client A*, B dan D dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A*, B dan D mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.12.

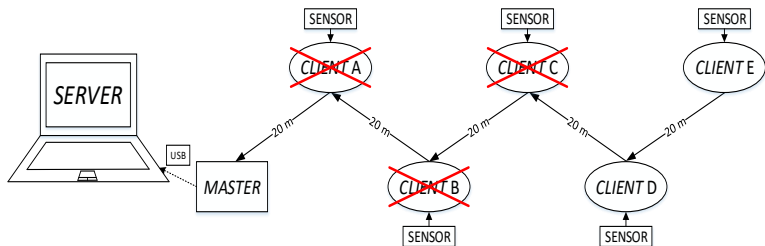
Kondisi ke-9, saat *Client B*, C dan D dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client B*, C dan D mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.13.



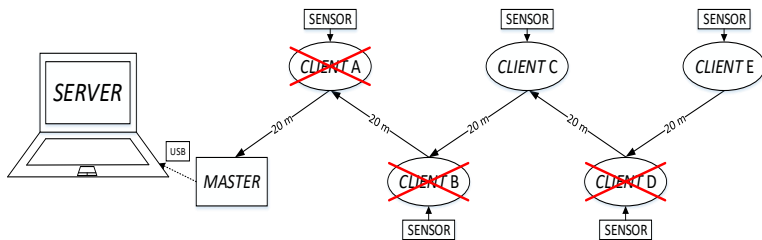
Gambar 4.9 Kondisi Ke-5



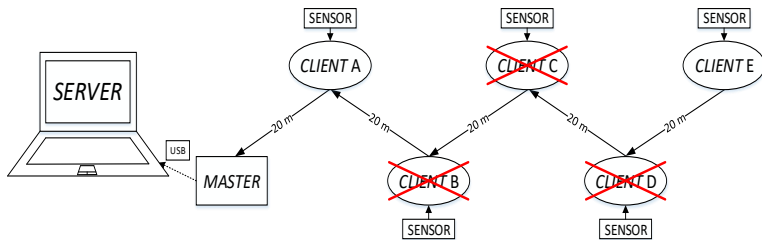
Gambar 4.10 Kondisi Ke-6



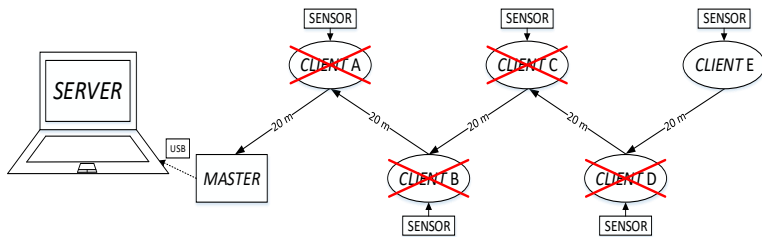
Gambar 4.11 Kondisi Ke-7



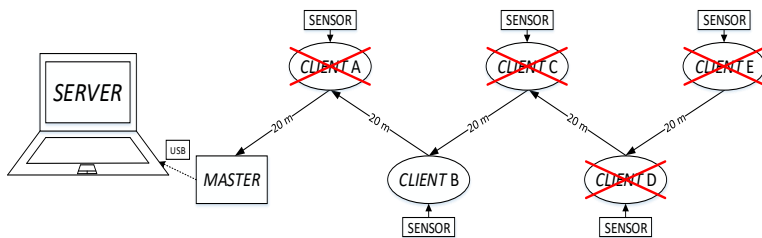
Gambar 4.12 Kondisi Ke-8



Gambar 4.13 Kondisi Ke-9



Gambar 4.14 Kondisi Ke-10



Gambar 4.15 Kondisi Ke-11

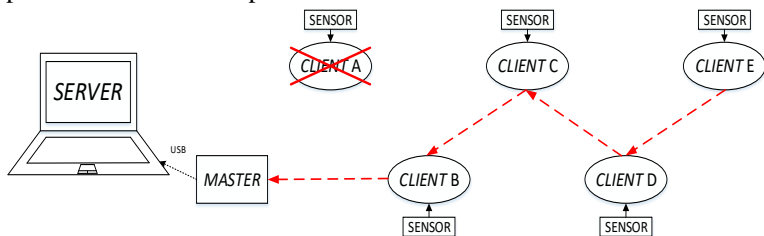
Kondisi ke-10, saat *Client A, B, C dan D* dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A, B, C dan D* mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.14.

Kondisi ke-11, saat *Client A, C, D dan E* dimatikan sebagai pemisalan bahwa *Client A, C, D dan E* mengalami kerusakan sistem, seperti pada Gambar 4.15.

Peralatan yang dibutuhkan dalam Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute*, antara lain:

1. PC / Laptop
2. Adaptor / Power Supply
3. Rangkaian Perangkat Keras *Master dan Client*
4. *Software Aduino IDE*

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi pertama diilustrasikan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Pertama

Dari ilustrasi Gambar 4.16 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client B* menuju *Master*. *Client B* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client A* dikarenakan *Client A* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute*, *Client B* akan secara otomatis mengirimkan datanya dan data dari *Client* lainnya langsung menuju *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

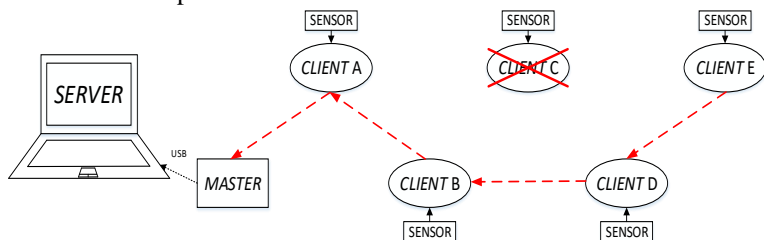
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Pertama

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|------|------|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E537 | D424 E537 | C339 | B316 | - | B316 | 7,72 |
| | | | D424 | C339 | | C339 | 8,28 |
| | | | E537 | D424 | | D424 | 10,36 |
| | | | | E537 | | E537 | 13,12 |

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|----------------------|------------------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 2. | E523 | D440 E523 | C401 D440 E523 | B344 C401 D440 E523 | - | B344 C401 D440 E523 | 8,41 9,80 10,75 12,78 |
| 3. | E508 | D470 E508 | C441 D470 E508 | B457 C441 D470 E508 | - | B457 C441 D470 E508 | 11.17 10.78 11,49 12,41 |
| 4. | E509 | D488 E509 | C484 D488 E509 | B446 C484 D488 E509 | - | B446 C484 D488 E509 | 10.90 11.86 11,93 12,44 |
| 5. | E404 | D581 E404 | C515 D581 E404 | B504 C515 D581 E404 | - | B504 C515 D581 E404 | 12.32 12.59 14,20 9,87 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi pertama didapatkan hasil, data dari *Client* B, C, D dan E dapat diterima oleh *Master* meskipun *Client* A mengalami kerusakan. Sehingga terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client* A yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-2 diilustrasikan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-2

Dari ilustrasi Gambar 4.17 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client* D menuju *Master*. *Client* D tidak dapat melakukan

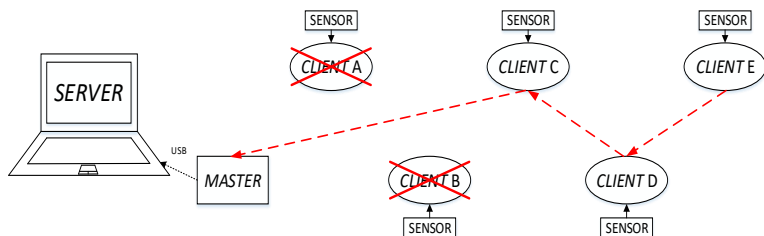
pengiriman melalui *Client C* dikarenakan *Client C* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute* *Client D* akan secara otomatis mengirimkan datanya dan data dari *Client* lainnya langsung menuju *Client B*. Kemudian *Client B* akan meneruskan pengiriman menuju *Client A* dan *Client A* meneruskannya sampai *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-2

| No | <i>Client</i> | | | | | <i>Master</i> | Volt |
|----|---------------|--------------|---|----------------------|------|---------------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E362 | D303 E362 | - | B360 D303 E362 | A416 | A416 | 10.17 |
| | | | | | B360 | B360 | 8.80 |
| | | | | | D303 | D303 | 7,40 |
| | | | | | E362 | E362 | 8,85 |
| 2. | E367 | D304 E367 | - | B521 D304 E367 | A485 | A485 | 11.85 |
| | | | | | B521 | B521 | 12.73 |
| | | | | | D304 | D304 | 7,43 |
| | | | | | E367 | E367 | 8,97 |
| 3. | E416 | D521 E416 | - | B465 D521 E416 | A527 | A527 | 12.88 |
| | | | | | B465 | B465 | 11.36 |
| | | | | | D521 | D521 | 12,73 |
| | | | | | E416 | E416 | 10,17 |
| 4. | E334 | D340 E334 | - | B468 D340 E334 | A452 | A452 | 11.05 |
| | | | | | B468 | B468 | 11.44 |
| | | | | | D340 | D340 | 8,31 |
| | | | | | E334 | E334 | 8,16 |
| 5. | E413 | D335 E413 | - | B514 D335 E413 | A432 | A432 | 10.56 |
| | | | | | B514 | B514 | 12.56 |
| | | | | | D335 | D335 | 8,19 |
| | | | | | E413 | E413 | 10,09 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-2 didapatkan hasil, data dari *Client D* dapat diterima oleh *Client B* meskipun *Client C* mengalami kerusakan. Kemudian data tersebut diteruskan sampai menuju *Master*. Dengan begitu, terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client C* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-3 diilustrasikan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-3

Dari ilustrasi Gambar 4.18 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client C* menuju *Master*. *Client C* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client B* maupun *Client A* dikarenakan *Client A* dan *B* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute Client C* akan secara otomatis mengirimkan datanya dan data dari *Client* lainnya langsung menuju *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7.

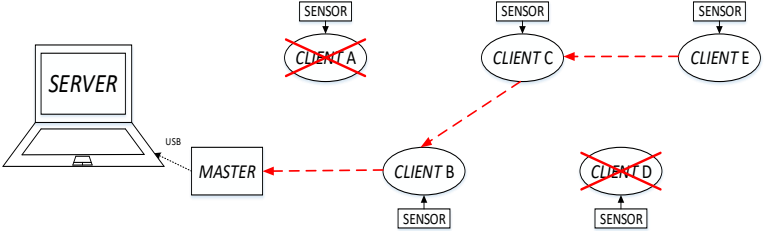
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-3

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|------|---|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E508 | D416 E508 | C431 | - | - | C431 | 10,53 |
| | | | D416 | | | D416 | 10,17 |
| | | | E508 | | | E508 | 12,41 |
| 2. | E424 | D540 E424 | C441 | - | - | C441 | 10,78 |
| | | | D540 | | | D540 | 13,20 |
| | | | E424 | | | E424 | 10,36 |
| 3. | E334 | D488 E334 | C463 | - | - | C463 | 11,31 |
| | | | D488 | | | D488 | 11,93 |
| | | | E334 | | | E334 | 8,16 |
| 4. | E523 | D326 E523 | C477 | - | - | C477 | 11,66 |
| | | | D326 | | | D326 | 7,97 |
| | | | E523 | | | E523 | 12,78 |
| 5. | E304 | D407 E304 | C508 | - | - | C508 | 12,41 |
| | | | D407 | | | D407 | 9,95 |
| | | | E304 | | | E304 | 7,43 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-3 didapatkan hasil, data dari *Client C* dapat diterima langsung

oleh *Master* meskipun *Client A* dan *B* mengalami kerusakan. Dengan begitu, terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client A* dan *B* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-4 diilustrasikan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-4

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-4

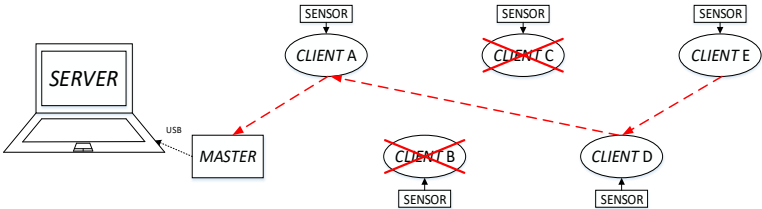
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|--------------|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E547 | - | C406 E547 | B454 C406 E547 | - | B454 C406 E547 | 11,09 9,92 13,37 |
| 2. | E523 | - | C470 E523 | B362 C470 E523 | - | B362 C470 E523 | 8,85 11,49 12,78 |
| 3. | E404 | - | C581 E404 | B340 C581 E404 | - | B340 C581 E404 | 8,31 14,20 9,87 |
| 4. | E440 | - | C326 E440 | B488 C326 E440 | - | B488 C326 E440 | 11,93 7,97 10,75 |
| 5. | E303 | - | C509 E440 | B537 C509 E440 | - | B537 C509 E440 | 13,12 12,44 10,75 |

Dari ilustrasi Gambar 4.19 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client E* menuju *Master*. *Client E* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client D* dikarenakan *Client D* mengalami kerusakan. Begitu pun dengan pengiriman data oleh *Client*

B menuju *Master* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client A* dikarenakan *Client A* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute* *Client E* akan secara otomatis mengirimkan datanya langsung menuju *Client C*. lalu dari *Client C* akan mengirimkan data menuju *Client B*. Pada *Client B* akan berlaku pula metode *AutoRoute* dikarenakan *Client A* mengalami kerusakan sehingga data langsung dikirimkan menuju *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-4 didapatkan hasil, data dari *Client E* dapat diterima oleh *Client C* meskipun *Client D* mengalami kerusakan. *Client C* kemudian meneruskan data tersebut menuju *Client B*. Data-data dari *Client B* pun dapat diterima oleh *Master* meskipun *Client A* mengalami kerusakan. Dengan begitu, terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client A* dan *D* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-5 diilustrasikan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-5

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-5

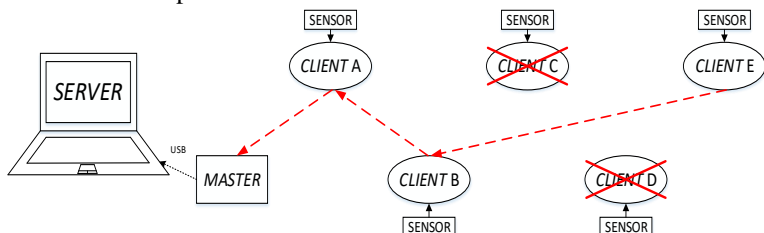
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|---|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E347 | D596 | - | - | A455 | A455 | 11,12 |
| | | E347 | | | D596 | D596 | 14,57 |
| | | | | | E347 | E347 | 8,48 |
| 2. | E566 | D493 | - | - | A543 | A543 | 13,27 |
| | | E566 | | | D493 | D493 | 12,05 |
| | | | | | E566 | E566 | 13,83 |
| 3. | E595 | D470 | - | - | A562 | A562 | 13,73 |
| | | E595 | | | D470 | D470 | 11,49 |
| | | | | | E595 | E595 | 14,54 |

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|---|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 4. | E559 | D426 E559 | - | - | A386 | A386 | 9,43 |
| | | | | | D426 | D426 | 10,41 |
| | | | | | E559 | E559 | 13,66 |
| 5. | E524 | D373 E524 | - | - | A605 | A605 | 14,78 |
| | | | | | D373 | D373 | 9,12 |
| | | | | | E524 | E524 | 12,81 |

Dari ilustrasi Gambar 4.20 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client D* menuju *Master*. *Client D* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client C* maupun *Client B* dikarenakan *Client B* dan *C* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute* *Client C* akan secara otomatis mengirimkan datanya dan data dari *Client E* langsung menuju *Client A*. Kemudian diteruskan menuju *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-5 didapatkan hasil, data dari *Client D* dapat diterima langsung oleh *Client A* meskipun *Client B* dan *C* mengalami kerusakan. Dan *Client A* dapat meneruskannya menuju *Master*. Dengan begitu, terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client B* dan *C* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-6 diilustrasikan pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-6

Dari ilustrasi Gambar 4.21 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client E* menuju *Master*. *Client E* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client D* maupun *Client C* dikarenakan *Client C* dan

D mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute Client* E akan secara otomatis mengirimkan datanya langsung menuju *Client B*. Kemudian *Client B* meneruskan menuju *Client A* dan *Client A* meneruskannya menuju *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-6

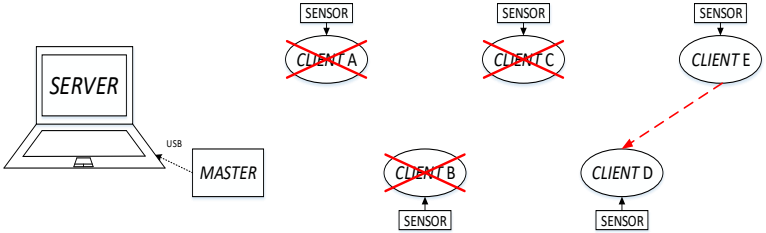
| No | <i>Client</i> | | | | | <i>Master</i> | Volt |
|----|---------------|---|---|--------------|------|---------------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E316 | - | - | B310 E316 | A301 | A301 | 7,36 |
| | | | | | B310 | B310 | 7,58 |
| | | | | | E316 | E316 | 7,72 |
| 2. | E392 | - | - | B338 E392 | A500 | A500 | 12,22 |
| | | | | | B338 | B338 | 8,26 |
| | | | | | E392 | E392 | 9,58 |
| 3. | E440 | - | - | B374 E440 | A358 | A358 | 8,75 |
| | | | | | B374 | B374 | 9,14 |
| | | | | | E440 | E440 | 10,75 |
| 4. | E501 | - | - | B456 E501 | A446 | A446 | 10,90 |
| | | | | | B456 | B456 | 11,14 |
| | | | | | E501 | E501 | 12,24 |
| 5. | E309 | - | - | B521 E309 | A392 | A392 | 9,58 |
| | | | | | B521 | B521 | 12,73 |
| | | | | | E309 | E309 | 7,55 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-6 didapatkan hasil, data dari *Client E* dapat diterima langsung oleh *Client B* meskipun *Client C* dan *D* mengalami kerusakan. Dan *Client B* dapat meneruskannya menuju *Client A* dan diteruskan lagi sampai menuju *Master*. Dengan begitu, terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client C* dan *D* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-7 diilustrasikan pada Gambar 4.22.

Dari ilustrasi Gambar 4.22 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client E* dan *D* menuju *Master*. *Client D* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client C*, *Client B* maupun *Client A* dikarenakan *Client A*, *B* dan *C* mengalami kerusakan. Walaupun dengan metode *AutoRoute* data dari kedua *Client* tersebut tidak akan sampai

menuju *Master* diakarenakan *Client D* dapat melakukan pengiriman *AutoRoute* hanya sampai *Client A* sesuai dengan Tabel 4.4 yang telah dibahas sebelumnya. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.11.



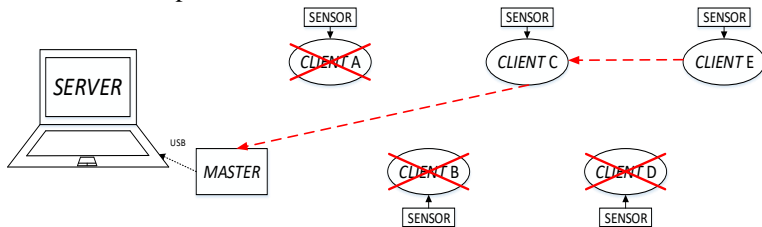
Gambar 4.22 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-7

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-7

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|---|---|---|--------|------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E326 | D303 E326 | - | - | - | - | - |
| 2. | E348 | D360 E348 | - | - | - | - | - |
| 3. | E407 | D537 E407 | - | - | - | - | - |
| 4. | E485 | D583 E485 | - | - | - | - | - |
| 5. | E547 | D496 E547 | - | - | - | - | - |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-7 didapatkan hasil, data dari *Client E* hanya dapat diterima oleh *Client D* dan tidak dapat diteruskan sampai pada *Master*. Sehingga *Master* akan mengasumsikan bahwa semua *Client* mengalami kerusakan karena tidak ada data yang diterimanya. Sedangkan *Client* yang mengalami kerusakan adalah *Client A, B dan C* dan *Client D dan E* masih dapat berfungsi. Maka dari itu untuk mencegah pengecekan pemeriksaan semua *Client*, yang perlu dilakukan adalah melakukan pengecekan terhadap *Client* dari yang terdekat dengan *Master* terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan guna mengantisipasi pengecekan yang tidak diperlukan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-8 diilustrasikan pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-8

Dari ilustrasi Gambar 4.23 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client E* menuju *Master*. *Client E* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client D* dikarenakan *Client D* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute* *Client E* akan secara otomatis mengirimkan datanya langsung menuju *Client C*. Pada *Client C* pun tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client B* maupun *Client A* dikarenakan *Client A* dan *B* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute* *Client C* akan secara otomatis mengirimkan datanya langsung menuju *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.12.

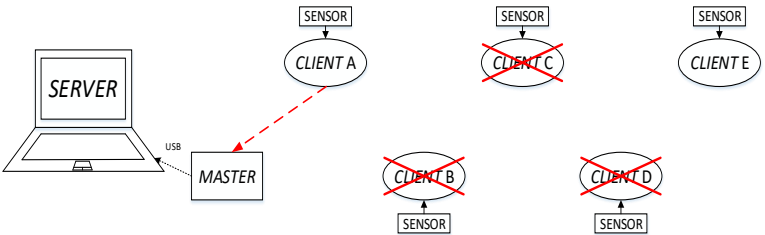
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-8

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|------|---|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E480 | - | C522 | - | - | C522 | 12,76 |
| | | | E480 | | | E480 | 11,73 |
| 2. | E423 | - | C461 | - | - | C461 | 11,27 |
| | | | E423 | | | E423 | 12,78 |
| 3. | E460 | - | C388 | - | - | C388 | 9,48 |
| | | | E460 | | | E460 | 11,24 |
| 4. | E412 | - | C446 | - | - | C446 | 10,90 |
| | | | E412 | | | E412 | 10,07 |
| 5. | E387 | - | C399 | - | - | C399 | 9,75 |
| | | | E387 | | | E387 | 9,46 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-8 didapatkan hasil, data dari *Client E* dapat diterima langsung

oleh *Client C* meskipun *Client D* mengalami kerusakan. Dan *Client C* dapat meneruskannya menuju *Master* dikarenakan *Client A* dan *B* mengalami kerusakan juga. Dengan begitu, terputusnya distribusi pengiriman data dapat dihindari dan *Client A*, *B* dan *D* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-9 diilustrasikan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-9

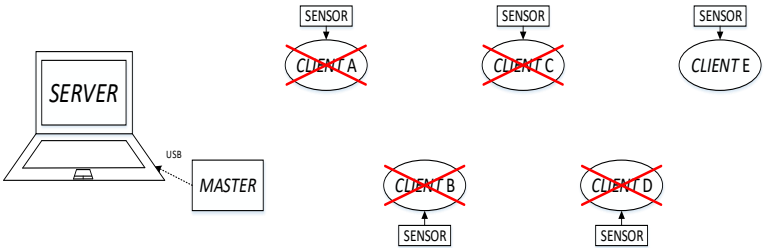
Dari ilustrasi Gambar 4.24 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client E* dan Amenuju *Master*. *Client E* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client D*, *Client C* maupun *Client B* dikarenakan ketiga *Client* tersebut mengalami kerusakan. Sehingga data dari *Client E* tidak akan dapat diterima oleh *Master*. Dan *Master* akan mengasumsikan *Client E* mengalami kerusakan juga. Sedangkan pada *Client A*, data akan diterima dengan baik oleh *Master*. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-9

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E444 | - | - | - | A402 | A402 | 9,82 |
| 2. | E490 | - | - | - | A485 | A485 | 11,85 |
| 3. | E523 | - | - | - | A509 | A509 | 12,44 |
| 4. | E346 | - | - | - | A304 | A304 | 7,43 |
| 5. | E389 | - | - | - | A340 | A340 | 8,31 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-9 didapatkan hasil, data dari *Client E* tidak dapat diterima oleh *Client* lainnya karena *Client E* dapat mengirimkan data dengan metode *AutoRoute* sampai *Client B* sedangkan *Client B* mengalami kerusakan begitu pun dengan *Client C* dan *D*. Sedangkan data dari *Client A* akan diterima dengan baik oleh *Master*. Maka dari itu untuk mencegah pengecekan pemeriksaan semua *Client* kecuali *Client A*, yang perlu dilakukan adalah melakukan pengecekan terhadap *Client* dari yang terdekat dengan *Client A* terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan guna mengantisipasi pengecekan yang tidak diperlukan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-10 diilustrasikan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-10

Dari ilustrasi Gambar 4.25 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client E* menuju *Master*. *Client E* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client D*, *Client C*, *Client B* maupun *Client A* dikarenakan keempat *Client* tersebut mengalami kerusakan. Walaupun dengan metode *AutoRoute* data dari kedua *Client* tersebut tidak akan sampai menuju *Master* diakarenakan *Client E* dapat melakukan pengiriman *AutoRoute* hanya sampai *Client B* sesuai dengan Tabel 4.4 yang telah dibahas sebelumnya. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.14.

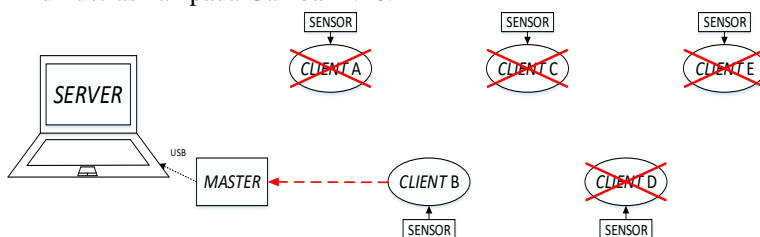
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-10

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|---|---|--------|------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E470 | - | - | - | - | - | - |
| 2. | E342 | - | - | - | - | - | - |

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|---|---|--------|------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 3. | E431 | - | - | - | - | - | - |
| 4. | E398 | - | - | - | - | - | - |
| 5. | E501 | - | - | - | - | - | - |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-10 didapatkan hasil, data dari *Client E* tidak dapat diterima oleh *Client* yang lainnya dan data tidak akan sampai pada *Master*. Sehingga *Master* akan mengasumsikan bahwa semua *Client* mengalami kerusakan karena tidak ada data yang diterimanya. Sedangkan *Client E* masih dapat berfungsi. Maka dari itu untuk mencegah pengecekan pemeriksaan semua *Client*, yang perlu dilakukan adalah melakukan pengecekan terhadap *Client* dari yang terdekat dengan *Master* terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan guna mengantisipasi pengecekan yang tidak diperlukan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-11 diilustrasikan pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-11

Dari ilustrasi Gambar 4.26 menjelaskan komunikasi pengiriman data oleh *Client B* menuju *Master*. *Client B* tidak dapat melakukan pengiriman melalui *Client A* dikarenakan *Client A* mengalami kerusakan. Dengan metode *AutoRoute*, *Client B* akan secara otomatis mengirimkan data langsung menuju *Master*. *Client B* tidak membawa data dari *Client* lainnya dikarenakan *Client* lainnya mengalami kerusakan. Pengiriman data ditunjukkan dengan garis putus-putus berwarna merah. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Metode *AutoRoute* pada Kondisi Ke-11

| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|------|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | - | B460 | - | B460 | 11,24 |
| 2. | - | - | - | B360 | - | B360 | 8,80 |
| 3. | - | - | - | B424 | - | B424 | 10,24 |
| 4. | - | - | - | B454 | - | B454 | 11,09 |
| 5. | - | - | - | B540 | - | B540 | 13,20 |

Data Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* pada kondisi ke-11 didapatkan hasil, data dari *Client B* dapat diterima langsung oleh *Master* meskipun *Client A* mengalami kerusakan. Saat pembacaan oleh *Master*, *Master* hanya membaca data *Client B*, sehingga dapat diasumsikan 4 *Client* lainnya mengalami kerusakan. Maka dari itu, 4 *Client* yang mengalami kerusakan dapat segera diatasi untuk dilakukan perbaikan.

Pengujian Komunikasi dengan Metode *AutoRoute* secara teknis dapat membantu dalam menangani masalah terputusnya distribusi pengiriman data sehingga *Client* yang mengalami gangguan atau kerusakan dapat segera mendapat perbaikan. Tetapi perlu diingat bahwa metode *AutoRoute* ini hanya dapat menjangkau paling jauh sebanyak 2 *Client* didepannya. Jadi jika 3 *Client* yang paling dekat dengan *Master* mengalami gangguan atau kerusakan maka akan berdampak pada *Client* yang berada dibelakangnya.

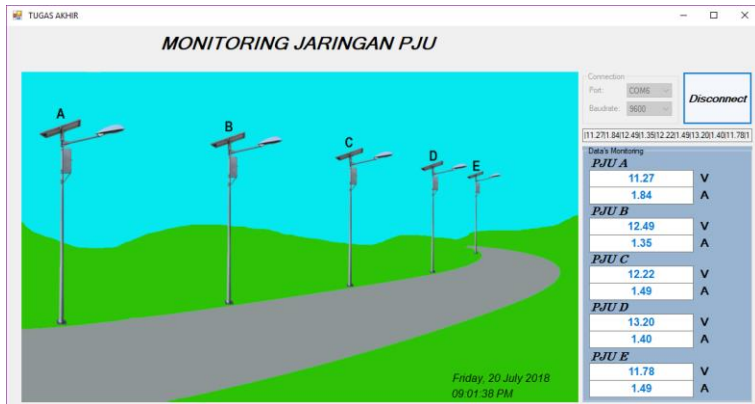
4.4 Pengujian Tampilan Server

Pengujian tampilan *Server* ini digunakan untuk mengetahui Arduino Nano dapat berkomunikasi dengan baik dengan *Human Machine Interface* (HMI) serta dapat melakukan *monitoring* terhadap sistem jaringan PJU. Tampilan *Server* yang terhubung dengan Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 4.27. Adapun tahapan untuk melakukan pengujian *monitoring* sistem jaringan PJU ini, pertama melakukan *upload* program pada Arduino Nano, kemudian membuka *software* Visual Studio 2015. Pada *software* Visual Studio 2015 sebelumnya juga

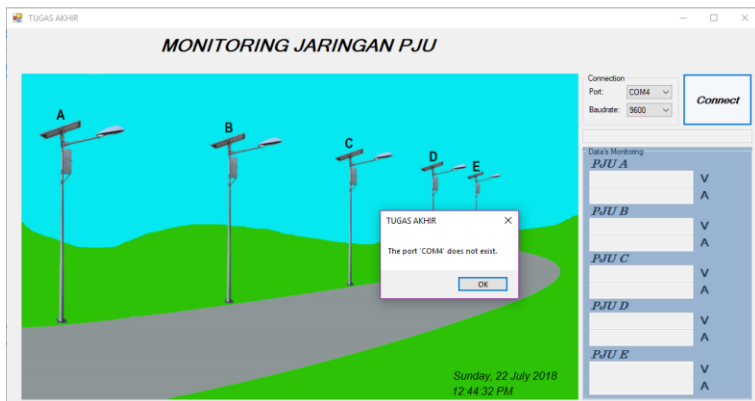
sudah dilakukan inialisasi agar tersinkron dengan program Arduino. Kemudian amati hasil dari koneksi antara HMI dan Arduino.

Peralatan yang dibutuhkan dalam Pengujian *Human Machine Interface*, antara lain:

1. PC / Laptop
2. Adaptor
3. Rangkaian Perangkat Keras *Master* dan *Client*
4. *Software* Aduino IDE
5. *Software* Microsoft Visual Studio 2015

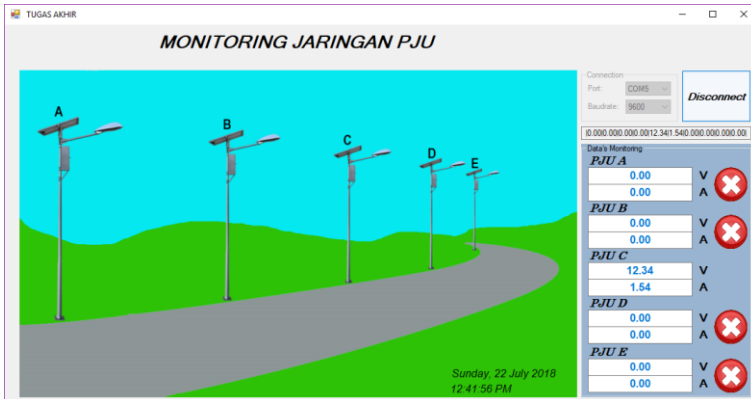


Gambar 4.27 Tampilan *Server* yang Terkoneksi



Gambar 4.28 *Device* Tidak Terkoneksi dengan HMI

Hasil pengujian tampilan *Server* dilakukan dengan cara mengkonfigurasi HMI dengan Arduino Nano dengan komunikasi melalui USB. Jika perangkat Arduino dengan HMI terkoneksi dengan baik maka akan muncul tulisan COM pada menu kolom “Port” lalu memilih “Baudrate” dan akan terkoneksi dengan meng-klik “Connect”. Perangkat tidak terkoneksi maka menu kolom “Port” tidak ada bertuliskan COM seperti ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.29 Tampilan *Server* dengan Indikator *Error* Menyala

Gambar 4.29 menjelaskan tampilan *Server* saat terindikasi data *Client* tidak dapat diterima oleh *Master*. Sehingga indikator *error* akan muncul disebelah kanan dari hasil monitoring sensor pada masing-masing *Client* yang menandakan data dari *Client* tidak diterima, artinya terjadi gangguan atau kerusakan pada *Client* tersebut. Dengan demikian, dapat dilakukan dengan segera perencanaan perbaikan pada *Client* yang mengalami gangguan atau kerusakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan-kesimpulan yang didapatkan selama proses pembuatan Tugas Akhir ini beserta saran-saran untuk perbaikan dan pengembangannya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa perancangan dan implementasi *Telemetry* Jaringan Penerangan Jalan Umum Menggunakan Modul Komunikasi *Radio Frequency* dengan Metode *Autoroute*. Diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya:

1. RF Modul nRF24L01+ dapat digunakan untuk berkomunikasi secara *wireless* dengan baik antara *Master* dan *Client* pada jarak penggunaan komunikasi sampai 70 meter dengan *rasio* keberhasilan diatas 80% pada pengiriman ruang terbuka tanpa halangandan 20 – 40 meter dengan *rasio* keberhasilan diatas 70% pada pengiriman ruang terbuka terdapat penghalang.
2. Semakin jauh jangkauan komunikasi nRF24L01+ maka akan menyebabkan terjadinya *delay* dalam penerimaan data.
3. Metode *AutoRoute* merupakan salah satu alternatif dalam menanggapi masalah terputusnya distribusi pengiriman data yang disebabkan oleh kerusakan salah satu *Client*.
4. Pada metode *AutoRoute* ini, jika 3 *Client* yang paling dekat dengan *Master* mengalami gangguan atau kerusakan maka akan berdampak pada *Client* yang berada dibelakangnya, yaitu distribusi pengiriman data tidak akan sampai pada *Master*.
5. Pengiriman dan penerimaan data tidak bisa dilakukan jika *Master* dan *Client* berada dalam 2 ruangan tertutup yang berbeda.
6. Jika pengiriman dan penerimaan data dilakukan pada 2 ruangan tertutup yang berbeda, maka perlu ditambahkan antenna eksternal yang diletakan diluar ruangan tersebut agar komunikasi dapat terjadi.
7. Pembacaan data yang dikirimkan oleh *Client* kepada *Master* dilakukan dengan cara melakukan *parsing* data.
8. *Software* Microsoft Visual Studio merupakan salah satu *software* yang mudah digunakan dan dipelajari untuk membuat tampilan *Server* yang sederhana dan baik.

5.2 Saran

Berikut ini saran – saran yang dapat diberikan untuk impelmentasi dan pengembangan lebih lanjut dari sistem ini:

1. Perlu ditambahkan antena eksternal untuk dapat berkomunikasi apabila *Master* dan *Client* berada pada 2 ruangan tertutup yang berbeda (antena diletakkan diluar ruangan tersebut).
2. HMI di desain lebih baik lagi agar tidak terlalu monoton.
3. Perlu adanya perbaikan dalam waktu pengiriman data agar tidak terjadi penumpukan data yang berakibat *delay* yang lama saat penerimaan data.
4. Penambahan program *Auto Refresh* pada *Master* untuk memperbaharui data yang diterima akibat terjadinya penumpukan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonym, 2015, *Jenis atau Type Arduino*, <http://www.zuhrinet.com/jenis-atau-type-arduino>, diakses 21 Maret 2018.
- [2] Arduino, 2013, *Arduino Nano*, <https://www.Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>, diakses 21 Maret 2018
- [3] Maulana, Ikhsan, 2013, *RTC Real Time Clock DS1307*, <https://www.proyekrumahan.id/2013/06/rtc-real-time-clock-ds1307-code-vision.html>, diakses pada 1 April 2018.
- [4] Anonym, 2015, *Pengertian Wireless dan Standar Jaringan Wireless*, <https://www.mandalamaya.com/pengertian-wireless-dan-standar-jaringan-wireless/>, diakses 7 April 2018.
- [5] Millervet, 2016, *NRF24L01+ Multiceiver Network*, <http://www.instructables.com/id/NRF24L01-Multiceiver-Network/>, diakses pada 25 Juni 2018.
- [6] Pratama, I. P. A. E. & Sukanto, S., 2015, *Wireless Sensor Network (Teori dan Praktik Berbasis Open Source)*, Bandung: Informatika Bandung.
- [7] Shah, Poonam, 2011, *Introduction to Human Machine Interface (HMI)*, <http://www.doyouknow.in/Articles/Technology/Introduction-To-Human-Machine-Interface-HMI-Human-Machine-Interface-Design-Human-Machine-Interface-Software.aspx>, diakses 1 Mei 2018.
- [8] Sianipar, R. H., 2014, *Pemrograman Visual Basic. Net*, Bandung: Informatika.
- [9] Qomariah, Nurul, 2017, *Rancang Bangun Perangkat Terkendali Pada Sistem Kontrol Dan Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Menggunakan Wireless Sensor Network Terintegrasi Android*, Surabaya: Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [10] Pradana, Raka Satria, 2017, *Rancang Bangun Pengendali Utama pada Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Menggunakan Wireless Sensor Network dengan Human Machine Interface Terpusat*,

Surabaya: Tugas Akhir Intitut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya.

LAMPIRAN A

A.1 Pengujian Jangkauan Komunikasi Modul nRF24L01+

A.1.1Tanpa Halangan

1. Pengujian dengan Jarak 10 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|-------|
| 1 | 103 | 103 | 0,00% |
| 2 | 127 | 127 | 0,00% |
| 3 | 187 | 187 | 0,00% |
| 4 | 245 | 245 | 0,00% |
| 5 | 291 | 291 | 0,00% |
| 6 | 352 | 352 | 0,00% |
| 7 | 397 | 397 | 0,00% |
| 8 | 444 | 444 | 0,00% |
| 9 | 515 | 515 | 0,00% |
| 10 | 565 | 565 | 0,00% |
| 11 | 652 | 652 | 0,00% |
| 12 | 750 | 750 | 0,00% |
| 13 | 801 | 801 | 0,00% |
| 14 | 893 | 893 | 0,00% |
| 15 | 993 | 993 | 0,00% |
| 16 | 999 | 999 | 0,00% |
| 17 | 989 | 989 | 0,00% |
| 18 | 910 | 910 | 0,00% |
| 19 | 833 | 833 | 0,00% |
| 20 | 782 | 782 | 0,00% |
| 21 | 727 | 727 | 0,00% |
| 22 | 639 | 639 | 0,00% |
| 23 | 572 | 572 | 0,00% |
| 24 | 501 | 501 | 0,00% |
| 25 | 420 | 420 | 0,00% |
| 26 | 325 | 325 | 0,00% |
| 27 | 247 | 247 | 0,00% |
| 28 | 147 | 147 | 0,00% |
| 29 | 103 | 103 | 0,00% |
| 30 | 149 | 149 | 0,00% |
| 31 | 251 | 251 | 0,00% |
| 32 | 337 | 337 | 0,00% |
| 33 | 465 | 465 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 34 | 573 | 573 | 0,00% |
| 35 | 677 | 677 | 0,00% |
| 36 | 786 | 786 | 0,00% |
| 37 | 972 | 972 | 0,00% |
| 38 | 999 | 999 | 0,00% |
| 39 | 895 | 895 | 0,00% |
| 40 | 642 | 642 | 0,00% |
| 41 | 486 | 486 | 0,00% |
| 42 | 364 | 364 | 0,00% |
| 43 | 244 | 244 | 0,00% |
| 44 | 103 | 103 | 0,00% |
| 45 | 184 | 184 | 0,00% |
| 46 | 386 | 386 | 0,00% |
| 47 | 643 | 643 | 0,00% |
| 48 | 850 | 850 | 0,00% |
| 49 | 999 | 999 | 0,00% |
| 50 | 847 | 847 | 0,00% |
| 51 | 681 | 681 | 0,00% |
| 52 | 447 | 447 | 0,00% |
| 53 | 667 | 667 | 0,00% |
| 54 | 412 | 412 | 0,00% |
| 55 | 701 | 701 | 0,00% |
| 56 | 428 | 428 | 0,00% |
| 57 | 780 | 780 | 0,00% |
| 58 | 533 | 533 | 0,00% |
| 59 | 301 | 301 | 0,00% |
| 60 | 216 | 216 | 0,00% |
| 61 | 103 | 103 | 0,00% |
| 62 | 184 | 184 | 0,00% |
| 63 | 103 | 103 | 0,00% |
| 64 | 289 | 289 | 0,00% |
| 65 | 103 | 103 | 0,00% |
| 66 | 546 | 546 | 0,00% |
| 67 | 802 | 802 | 0,00% |
| 68 | 999 | 999 | 0,00% |
| 69 | 799 | 799 | 0,00% |
| 70 | 602 | 602 | 0,00% |
| 71 | 356 | 356 | 0,00% |
| 72 | 133 | 133 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|----------------|
| 73 | 249 | 249 | 0,00% |
| 74 | 522 | 522 | 0,00% |
| 75 | 869 | 869 | 0,00% |
| 76 | 919 | 919 | 0,00% |
| 77 | 541 | 541 | 0,00% |
| 78 | 331 | 331 | 0,00% |
| 79 | 832 | 832 | 0,00% |
| 80 | 453 | 453 | 0,00% |
| 81 | 869 | 869 | 0,00% |
| 82 | 420 | 420 | 0,00% |
| 83 | 312 | 312 | 0,00% |
| 84 | 103 | 103 | 0,00% |
| 85 | 347 | 347 | 0,00% |
| 86 | 666 | 666 | 0,00% |
| 87 | 876 | 876 | 0,00% |
| 88 | 999 | 999 | 0,00% |
| 89 | 841 | 841 | 0,00% |
| 90 | 694 | 694 | 0,00% |
| 91 | 609 | 609 | 0,00% |
| 92 | 542 | 542 | 0,00% |
| 93 | 506 | 506 | 0,00% |
| 94 | 475 | 475 | 0,00% |
| 95 | 358 | 358 | 0,00% |
| 96 | 262 | 262 | 0,00% |
| 97 | 132 | 132 | 0,00% |
| 98 | 103 | 103 | 0,00% |
| 99 | 357 | 357 | 0,00% |
| 100 | 708 | 708 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 100,00% |

2. Pengujian dengan Jarak 20 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | <i>Error</i> |
|----|------------|-------------|--------------|
| 1 | 129 | 129 | 0,00% |
| 2 | 381 | 381 | 0,00% |
| 3 | 479 | 479 | 0,00% |
| 4 | 599 | 599 | 0,00% |
| 5 | 722 | 722 | 0,00% |
| 6 | 829 | 829 | 0,00% |
| 7 | 983 | 983 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 8 | 936 | 936 | 0,00% |
| 9 | 849 | 849 | 0,00% |
| 10 | 753 | 753 | 0,00% |
| 11 | 656 | 656 | 0,00% |
| 12 | 494 | 494 | 0,00% |
| 13 | 410 | 410 | 0,00% |
| 14 | 324 | 324 | 0,00% |
| 15 | 251 | 251 | 0,00% |
| 16 | 110 | 110 | 0,00% |
| 17 | 103 | 103 | 0,00% |
| 18 | 134 | 134 | 0,00% |
| 19 | 166 | 166 | 0,00% |
| 20 | 193 | 193 | 0,00% |
| 21 | 243 | 243 | 0,00% |
| 22 | 324 | 324 | 0,00% |
| 23 | 392 | 392 | 0,00% |
| 24 | 431 | 431 | 0,00% |
| 25 | 506 | 506 | 0,00% |
| 26 | 565 | 565 | 0,00% |
| 27 | 695 | 695 | 0,00% |
| 28 | 758 | 758 | 0,00% |
| 29 | 819 | 819 | 0,00% |
| 30 | 870 | 870 | 0,00% |
| 31 | 940 | 940 | 0,00% |
| 32 | 999 | 999 | 0,00% |
| 33 | 893 | 893 | 0,00% |
| 34 | 824 | 824 | 0,00% |
| 35 | 753 | 753 | 0,00% |
| 36 | 661 | 661 | 0,00% |
| 37 | 575 | 575 | 0,00% |
| 38 | 439 | 439 | 0,00% |
| 39 | 315 | 315 | 0,00% |
| 40 | 182 | 182 | 0,00% |
| 41 | 105 | 105 | 0,00% |
| 42 | 151 | 151 | 0,00% |
| 43 | 243 | 243 | 0,00% |
| 44 | 309 | 309 | 0,00% |
| 45 | 353 | 353 | 0,00% |
| 46 | 432 | 432 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 47 | 565 | 565 | 0,00% |
| 48 | 655 | 655 | 0,00% |
| 49 | 734 | 734 | 0,00% |
| 50 | 849 | 849 | 0,00% |
| 51 | 936 | 936 | 0,00% |
| 52 | 999 | 999 | 0,00% |
| 53 | 999 | 999 | 0,00% |
| 54 | 953 | 953 | 0,00% |
| 55 | 861 | 861 | 0,00% |
| 56 | 811 | 811 | 0,00% |
| 57 | 760 | 760 | 0,00% |
| 58 | 704 | 704 | 0,00% |
| 59 | 627 | 627 | 0,00% |
| 60 | 549 | 549 | 0,00% |
| 61 | 455 | 455 | 0,00% |
| 62 | 316 | 316 | 0,00% |
| 63 | 310 | 310 | 0,00% |
| 64 | 190 | 190 | 0,00% |
| 65 | 104 | 104 | 0,00% |
| 66 | 104 | 104 | 0,00% |
| 67 | 103 | 103 | 0,00% |
| 68 | 154 | 154 | 0,00% |
| 69 | 219 | 219 | 0,00% |
| 70 | 267 | 267 | 0,00% |
| 71 | 295 | 295 | 0,00% |
| 72 | 345 | 345 | 0,00% |
| 73 | 428 | 428 | 0,00% |
| 74 | 506 | 506 | 0,00% |
| 75 | 564 | 564 | 0,00% |
| 76 | 614 | 614 | 0,00% |
| 77 | 710 | 710 | 0,00% |
| 78 | 755 | 755 | 0,00% |
| 79 | 784 | 784 | 0,00% |
| 80 | 840 | 840 | 0,00% |
| 81 | 897 | 897 | 0,00% |
| 82 | 927 | 927 | 0,00% |
| 83 | 960 | 960 | 0,00% |
| 84 | 999 | 999 | 0,00% |
| 85 | 999 | 999 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|----------------|
| 86 | 991 | 991 | 0,00% |
| 87 | 911 | 911 | 0,00% |
| 88 | 811 | 811 | 0,00% |
| 89 | 695 | 695 | 0,00% |
| 90 | 553 | 553 | 0,00% |
| 91 | 448 | 448 | 0,00% |
| 92 | 351 | 351 | 0,00% |
| 93 | 206 | 206 | 0,00% |
| 94 | 125 | 125 | 0,00% |
| 95 | 104 | 104 | 0,00% |
| 96 | 166 | 166 | 0,00% |
| 97 | 244 | 244 | 0,00% |
| 98 | 369 | 369 | 0,00% |
| 99 | 448 | 448 | 0,00% |
| 100 | 574 | 574 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 100,00% |

3. Pengujian dengan Jarak 30 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|-------|
| 1 | 183 | 183 | 0,00% |
| 2 | 275 | 275 | 0,00% |
| 3 | 391 | 391 | 0,00% |
| 4 | 606 | 606 | 0,00% |
| 5 | 761 | 761 | 0,00% |
| 6 | 952 | 952 | 0,00% |
| 7 | 999 | 999 | 0,00% |
| 8 | 870 | 870 | 0,00% |
| 9 | 746 | 746 | 0,00% |
| 10 | 432 | 432 | 0,00% |
| 11 | 245 | 245 | 0,00% |
| 12 | 167 | 167 | 0,00% |
| 13 | 122 | 122 | 0,00% |
| 14 | 103 | 103 | 0,00% |
| 15 | 112 | 112 | 0,00% |
| 16 | 171 | 171 | 0,00% |
| 17 | 187 | 187 | 0,00% |
| 18 | 205 | 205 | 0,00% |
| 19 | 275 | 275 | 0,00% |
| 20 | 296 | 296 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 21 | 318 | 318 | 0,00% |
| 22 | 340 | 340 | 0,00% |
| 23 | 391 | 391 | 0,00% |
| 24 | 446 | 446 | 0,00% |
| 25 | 524 | 524 | 0,00% |
| 26 | 568 | 568 | 0,00% |
| 27 | 677 | 677 | 0,00% |
| 28 | 752 | 752 | 0,00% |
| 29 | 835 | 835 | 0,00% |
| 30 | 969 | 969 | 0,00% |
| 31 | 999 | 999 | 0,00% |
| 32 | 999 | 999 | 0,00% |
| 33 | 940 | 940 | 0,00% |
| 34 | 858 | 858 | 0,00% |
| 35 | 788 | 788 | 0,00% |
| 36 | 744 | 744 | 0,00% |
| 37 | 692 | 692 | 0,00% |
| 38 | 619 | 619 | 0,00% |
| 39 | 563 | 563 | 0,00% |
| 40 | 494 | 494 | 0,00% |
| 41 | 439 | 439 | 0,00% |
| 42 | 362 | 362 | 0,00% |
| 43 | 301 | 301 | 0,00% |
| 44 | 252 | 252 | 0,00% |
| 45 | 181 | 181 | 0,00% |
| 46 | 119 | 119 | 0,00% |
| 47 | 103 | 103 | 0,00% |
| 48 | 156 | 156 | 0,00% |
| 49 | 272 | 272 | 0,00% |
| 50 | 385 | 385 | 0,00% |
| 51 | 493 | 493 | 0,00% |
| 52 | 579 | 579 | 0,00% |
| 53 | 790 | 790 | 0,00% |
| 54 | 929 | 929 | 0,00% |
| 55 | 999 | 999 | 0,00% |
| 56 | 941 | 941 | 0,00% |
| 57 | 804 | 804 | 0,00% |
| 58 | 636 | 636 | 0,00% |
| 59 | 506 | 506 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 60 | 407 | 407 | 0,00% |
| 61 | 237 | 237 | 0,00% |
| 62 | 142 | 142 | 0,00% |
| 63 | 103 | 103 | 0,00% |
| 64 | 115 | 115 | 0,00% |
| 65 | 140 | 140 | 0,00% |
| 66 | 163 | 163 | 0,00% |
| 67 | 254 | 254 | 0,00% |
| 68 | 384 | 384 | 0,00% |
| 69 | 547 | 547 | 0,00% |
| 70 | 649 | 649 | 0,00% |
| 71 | 789 | 789 | 0,00% |
| 72 | 999 | 999 | 0,00% |
| 73 | 924 | 924 | 0,00% |
| 74 | 850 | 850 | 0,00% |
| 75 | 698 | 698 | 0,00% |
| 76 | 630 | 630 | 0,00% |
| 77 | 554 | 554 | 0,00% |
| 78 | 501 | 501 | 0,00% |
| 79 | 454 | 454 | 0,00% |
| 80 | 396 | 396 | 0,00% |
| 81 | 324 | 324 | 0,00% |
| 82 | 269 | 269 | 0,00% |
| 83 | 138 | 138 | 0,00% |
| 84 | 103 | 103 | 0,00% |
| 85 | 119 | 119 | 0,00% |
| 86 | 225 | 225 | 0,00% |
| 87 | 294 | 294 | 0,00% |
| 88 | 354 | 354 | 0,00% |
| 89 | 537 | 537 | 0,00% |
| 90 | 623 | 623 | 0,00% |
| 91 | 793 | 793 | 0,00% |
| 92 | 900 | 900 | 0,00% |
| 93 | 999 | 999 | 0,00% |
| 94 | 984 | 984 | 0,00% |
| 95 | 920 | 920 | 0,00% |
| 96 | 797 | 797 | 0,00% |
| 97 | 714 | 714 | 0,00% |
| 98 | 609 | 609 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|----------------|
| 99 | 442 | 442 | 0,00% |
| 100 | 296 | 296 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 100,00% |

4. Pengujian dengan Jarak 40 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------|
| 1 | 103 | 103 | 0,00% |
| 2 | 144 | 144 | 0,00% |
| 3 | 212 | 212 | 0,00% |
| 4 | 293 | 293 | 0,00% |
| 5 | 376 | 376 | 0,00% |
| 6 | 467 | 467 | 0,00% |
| 7 | 603 | 603 | 0,00% |
| 8 | 715 | 715 | 0,00% |
| 9 | 804 | 804 | 0,00% |
| 10 | 878 | 878 | 0,00% |
| 11 | 907 | 907 | 0,00% |
| 12 | 946 | 946 | 0,00% |
| 13 | 999 | 999 | 0,00% |
| 14 | 999 | 999 | 0,00% |
| 15 | 905 | 905 | 0,00% |
| 16 | 833 | 833 | 0,00% |
| 17 | 761 | 761 | 0,00% |
| 18 | 688 | 688 | 0,00% |
| 19 | 651 | 651 | 0,00% |
| 20 | 608 | 608 | 0,00% |
| 21 | 479 | 479 | 0,00% |
| 22 | 390 | 390 | 0,00% |
| 23 | 286 | 286 | 0,00% |
| 24 | 192 | 192 | 0,00% |
| 25 | 103 | 103 | 0,00% |
| 26 | 103 | 103 | 0,00% |
| 27 | 146 | 146 | 0,00% |
| 28 | 355 | 355 | 0,00% |
| 29 | 477 | 477 | 0,00% |
| 30 | 478 | 478 | 0,00% |
| 31 | 563 | 563 | 0,00% |
| 32 | 619 | 619 | 0,00% |
| 33 | 745 | 745 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 34 | 789 | 789 | 0,00% |
| 35 | 867 | 867 | 0,00% |
| 36 | 999 | 999 | 0,00% |
| 37 | 997 | 997 | 0,00% |
| 38 | 968 | 968 | 0,00% |
| 39 | 934 | 934 | 0,00% |
| 40 | 916 | 916 | 0,00% |
| 41 | 902 | 902 | 0,00% |
| 42 | 883 | 883 | 0,00% |
| 43 | 862 | 862 | 0,00% |
| 44 | 842 | 842 | 0,00% |
| 45 | 814 | 814 | 0,00% |
| 46 | 774 | 774 | 0,00% |
| 47 | 724 | 724 | 0,00% |
| 48 | 700 | 700 | 0,00% |
| 49 | 651 | 651 | 0,00% |
| 50 | 616 | 616 | 0,00% |
| 51 | 577 | 577 | 0,00% |
| 52 | 529 | 529 | 0,00% |
| 53 | 529 | 529 | 0,00% |
| 54 | 442 | 442 | 0,00% |
| 55 | 442 | 442 | 0,00% |
| 56 | 395 | 395 | 0,00% |
| 57 | 338 | 338 | 0,00% |
| 58 | 244 | 244 | 0,00% |
| 59 | 154 | 154 | 0,00% |
| 60 | 147 | 147 | 0,00% |
| 61 | 103 | 103 | 0,00% |
| 62 | 134 | 134 | 0,00% |
| 63 | 195 | 195 | 0,00% |
| 64 | 305 | 305 | 0,00% |
| 65 | 387 | 387 | 0,00% |
| 66 | 427 | 427 | 0,00% |
| 67 | 470 | 470 | 0,00% |
| 68 | 563 | 563 | 0,00% |
| 69 | 563 | 563 | 0,00% |
| 70 | 634 | 634 | 0,00% |
| 71 | 712 | 712 | 0,00% |
| 72 | 744 | 744 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|----------------|
| 73 | 772 | 772 | 0,00% |
| 74 | 798 | 798 | 0,00% |
| 75 | 838 | 838 | 0,00% |
| 76 | 911 | 911 | 0,00% |
| 77 | 965 | 965 | 0,00% |
| 78 | 999 | 999 | 0,00% |
| 79 | 999 | 999 | 0,00% |
| 80 | 993 | 993 | 0,00% |
| 81 | 947 | 947 | 0,00% |
| 82 | 903 | 903 | 0,00% |
| 83 | 837 | 837 | 0,00% |
| 84 | 777 | 777 | 0,00% |
| 85 | 691 | 691 | 0,00% |
| 86 | 630 | 630 | 0,00% |
| 87 | 545 | 545 | 0,00% |
| 88 | 443 | 443 | 0,00% |
| 89 | 383 | 383 | 0,00% |
| 90 | 296 | 296 | 0,00% |
| 91 | 195 | 195 | 0,00% |
| 92 | 131 | 131 | 0,00% |
| 93 | 103 | 103 | 0,00% |
| 94 | 122 | 122 | 0,00% |
| 95 | 177 | 177 | 0,00% |
| 96 | 279 | 279 | 0,00% |
| 97 | 325 | 325 | 0,00% |
| 98 | 442 | 442 | 0,00% |
| 99 | 616 | 616 | 0,00% |
| 100 | 756 | 756 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 100,00% |

5. Pengujian dengan Jarak 50 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | <i>Error</i> |
|----|------------|-------------|--------------|
| 1 | 107 | 107 | 0,00% |
| 2 | 150 | 150 | 0,00% |
| 3 | 252 | 252 | 0,00% |
| 4 | 382 | 382 | 0,00% |
| 5 | 421 | 421 | 0,00% |
| 6 | 472 | 472 | 0,00% |
| 7 | 601 | 601 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 8 | 695 | 695 | 0,00% |
| 9 | 769 | 769 | 0,00% |
| 10 | 791 | 791 | 0,00% |
| 11 | 806 | 806 | 0,00% |
| 12 | 843 | 843 | 0,00% |
| 13 | 892 | 892 | 0,00% |
| 14 | 954 | 954 | 0,00% |
| 15 | 999 | 999 | 0,00% |
| 16 | 952 | 952 | 0,00% |
| 17 | 937 | 937 | 0,00% |
| 18 | 920 | 920 | 0,00% |
| 19 | 896 | 896 | 0,00% |
| 20 | 869 | 869 | 0,00% |
| 21 | 847 | 847 | 0,00% |
| 22 | 801 | 801 | 0,00% |
| 23 | 767 | 767 | 0,00% |
| 24 | 719 | 719 | 0,00% |
| 25 | 670 | 670 | 0,00% |
| 26 | 662 | 662 | 0,00% |
| 27 | 615 | 615 | 0,00% |
| 28 | 572 | 572 | 0,00% |
| 29 | 506 | 506 | 0,00% |
| 30 | 432 | 432 | 0,00% |
| 31 | 394 | 394 | 0,00% |
| 32 | 347 | 347 | 0,00% |
| 33 | 332 | 332 | 0,00% |
| 34 | 318 | 318 | 0,00% |
| 35 | 305 | 305 | 0,00% |
| 36 | 279 | 279 | 0,00% |
| 37 | 251 | 251 | 0,00% |
| 38 | 219 | 219 | 0,00% |
| 39 | 184 | 184 | 0,00% |
| 40 | 160 | 160 | 0,00% |
| 41 | 123 | 123 | 0,00% |
| 42 | 103 | 103 | 0,00% |
| 43 | 103 | 103 | 0,00% |
| 44 | 117 | 117 | 0,00% |
| 45 | 170 | 170 | 0,00% |
| 46 | 232 | 232 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 47 | 232 | 232 | 0,00% |
| 48 | 250 | 250 | 0,00% |
| 49 | 265 | 265 | 0,00% |
| 50 | 276 | 276 | 0,00% |
| 51 | 296 | 296 | 0,00% |
| 52 | 315 | 315 | 0,00% |
| 53 | 332 | 332 | 0,00% |
| 54 | 347 | 347 | 0,00% |
| 55 | 367 | 367 | 0,00% |
| 56 | 380 | 380 | 0,00% |
| 57 | 400 | 400 | 0,00% |
| 58 | 427 | 427 | 0,00% |
| 59 | 449 | 449 | 0,00% |
| 60 | 485 | 485 | 0,00% |
| 61 | 517 | 517 | 0,00% |
| 62 | 550 | 550 | 0,00% |
| 63 | 568 | 568 | 0,00% |
| 64 | 586 | 586 | 0,00% |
| 65 | 594 | 594 | 0,00% |
| 66 | 602 | 602 | 0,00% |
| 67 | 620 | 620 | 0,00% |
| 68 | 631 | 631 | 0,00% |
| 69 | 642 | 642 | 0,00% |
| 70 | 675 | 675 | 0,00% |
| 71 | 695 | 695 | 0,00% |
| 72 | 715 | 715 | 0,00% |
| 73 | 755 | 755 | 0,00% |
| 74 | 790 | 790 | 0,00% |
| 75 | 829 | 829 | 0,00% |
| 76 | 853 | 853 | 0,00% |
| 77 | 883 | 883 | 0,00% |
| 78 | 927 | 927 | 0,00% |
| 79 | 982 | 982 | 0,00% |
| 80 | 999 | 999 | 0,00% |
| 81 | 999 | 999 | 0,00% |
| 82 | 975 | 975 | 0,00% |
| 83 | 934 | 934 | 0,00% |
| 84 | 889 | 889 | 0,00% |
| 85 | 832 | 832 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 86 | 782 | 782 | 0,00% |
| 87 | 748 | 748 | 0,00% |
| 88 | 680 | 680 | 0,00% |
| 89 | 600 | 600 | 0,00% |
| 90 | 537 | 537 | 0,00% |
| 91 | 501 | 501 | 0,00% |
| 92 | 456 | 456 | 0,00% |
| 93 | 397 | 397 | 0,00% |
| 94 | 354 | 354 | 0,00% |
| 95 | 316 | 316 | 0,00% |
| 96 | 251 | 251 | 0,00% |
| 97 | 196 | 0 | 100,00% |
| 98 | 117 | 0 | 100,00% |
| 99 | 103 | 103 | 0,00% |
| 100 | 103 | 103 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 98,00% |

6. Pengujian dengan Jarak 60 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|-------|
| 1 | 999 | 999 | 0,00% |
| 2 | 957 | 957 | 0,00% |
| 3 | 912 | 912 | 0,00% |
| 4 | 862 | 862 | 0,00% |
| 5 | 861 | 861 | 0,00% |
| 6 | 815 | 815 | 0,00% |
| 7 | 759 | 759 | 0,00% |
| 8 | 707 | 707 | 0,00% |
| 9 | 666 | 666 | 0,00% |
| 10 | 601 | 601 | 0,00% |
| 11 | 546 | 546 | 0,00% |
| 12 | 495 | 495 | 0,00% |
| 13 | 453 | 453 | 0,00% |
| 14 | 427 | 427 | 0,00% |
| 15 | 383 | 383 | 0,00% |
| 16 | 328 | 328 | 0,00% |
| 17 | 277 | 277 | 0,00% |
| 18 | 248 | 248 | 0,00% |
| 19 | 194 | 194 | 0,00% |
| 20 | 116 | 116 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 21 | 100 | 100 | 0,00% |
| 22 | 100 | | 100,00% |
| 23 | 100 | | 100,00% |
| 24 | 144 | 144 | 0,00% |
| 25 | 161 | 161 | 0,00% |
| 26 | 187 | 187 | 0,00% |
| 27 | 217 | 217 | 0,00% |
| 28 | 244 | 244 | 0,00% |
| 29 | 286 | 286 | 0,00% |
| 30 | 320 | 320 | 0,00% |
| 31 | 357 | 357 | 0,00% |
| 32 | 385 | 385 | 0,00% |
| 33 | 443 | 443 | 0,00% |
| 34 | 463 | 463 | 0,00% |
| 35 | 484 | 484 | 0,00% |
| 36 | 512 | | 100,00% |
| 37 | 535 | | 100,00% |
| 38 | 554 | 554 | 0,00% |
| 39 | 594 | 594 | 0,00% |
| 40 | 614 | 614 | 0,00% |
| 41 | 628 | 628 | 0,00% |
| 42 | 650 | 650 | 0,00% |
| 43 | 668 | | 100,00% |
| 44 | 703 | 703 | 0,00% |
| 45 | 728 | 728 | 0,00% |
| 46 | 783 | 783 | 0,00% |
| 47 | 832 | 832 | 0,00% |
| 48 | 876 | 876 | 0,00% |
| 49 | 925 | 925 | 0,00% |
| 50 | 988 | 988 | 0,00% |
| 51 | 999 | 999 | 0,00% |
| 52 | 880 | 880 | 0,00% |
| 53 | 826 | 826 | 0,00% |
| 54 | 753 | 753 | 0,00% |
| 55 | 731 | 731 | 0,00% |
| 56 | 714 | 714 | 0,00% |
| 57 | 697 | | 100,00% |
| 58 | 670 | 670 | 0,00% |
| 59 | 644 | 644 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 60 | 625 | 625 | 0,00% |
| 61 | 591 | 591 | 0,00% |
| 62 | 563 | 563 | 0,00% |
| 63 | 529 | 529 | 0,00% |
| 64 | 492 | 492 | 0,00% |
| 65 | 468 | 468 | 0,00% |
| 66 | 442 | 442 | 0,00% |
| 67 | 419 | 419 | 0,00% |
| 68 | 394 | 394 | 0,00% |
| 69 | 365 | 365 | 0,00% |
| 70 | 345 | 345 | 0,00% |
| 71 | 340 | 340 | 0,00% |
| 72 | 313 | 313 | 0,00% |
| 73 | 296 | 296 | 0,00% |
| 74 | 261 | 261 | 0,00% |
| 75 | 213 | 213 | 0,00% |
| 76 | 186 | 186 | 0,00% |
| 77 | 178 | 178 | 0,00% |
| 78 | 143 | 143 | 0,00% |
| 79 | 100 | | 100,00% |
| 80 | 185 | 185 | 0,00% |
| 81 | 237 | 237 | 0,00% |
| 82 | 321 | 321 | 0,00% |
| 83 | 412 | 412 | 0,00% |
| 84 | 499 | 499 | 0,00% |
| 85 | 597 | 597 | 0,00% |
| 86 | 631 | 631 | 0,00% |
| 87 | 701 | 701 | 0,00% |
| 88 | 738 | 738 | 0,00% |
| 89 | 789 | 789 | 0,00% |
| 90 | 831 | 831 | 0,00% |
| 91 | 831 | 831 | 0,00% |
| 92 | 831 | 831 | 0,00% |
| 93 | 831 | 831 | 0,00% |
| 94 | 831 | 831 | 0,00% |
| 95 | 831 | 831 | 0,00% |
| 96 | 831 | 831 | 0,00% |
| 97 | 843 | 843 | 0,00% |
| 98 | 950 | 950 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 99 | 978 | 978 | 0,00% |
| 100 | 999 | 999 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 93,00% |

7. Pengujian dengan Jarak 70 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------|
| 1 | 749 | 749 | 0,00% |
| 2 | 634 | 634 | 0,00% |
| 3 | 516 | 516 | 0,00% |
| 4 | 443 | 443 | 0,00% |
| 5 | 347 | 347 | 0,00% |
| 6 | 347 | 347 | 0,00% |
| 7 | 260 | 260 | 0,00% |
| 8 | 217 | 217 | 0,00% |
| 9 | 166 | 166 | 0,00% |
| 10 | 100 | 100 | 0,00% |
| 11 | 100 | 100 | 0,00% |
| 12 | 143 | 143 | 0,00% |
| 13 | 204 | 204 | 0,00% |
| 14 | 204 | 204 | 0,00% |
| 15 | 264 | 264 | 0,00% |
| 16 | 368 | 368 | 0,00% |
| 17 | 414 | 414 | 0,00% |
| 18 | 456 | | 100,00% |
| 19 | 592 | | 100,00% |
| 20 | 649 | 649 | 0,00% |
| 21 | 676 | 676 | 0,00% |
| 22 | 740 | 740 | 0,00% |
| 23 | 760 | 760 | 0,00% |
| 24 | 832 | 832 | 0,00% |
| 25 | 854 | 854 | 0,00% |
| 26 | 935 | 935 | 0,00% |
| 27 | 987 | 987 | 0,00% |
| 28 | 999 | 999 | 0,00% |
| 29 | 882 | 882 | 0,00% |
| 30 | 815 | 815 | 0,00% |
| 31 | 717 | 717 | 0,00% |
| 32 | 657 | 657 | 0,00% |
| 33 | 543 | 543 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 34 | 477 | 477 | 0,00% |
| 35 | 413 | 413 | 0,00% |
| 36 | 368 | 368 | 0,00% |
| 37 | 307 | 307 | 0,00% |
| 38 | 258 | 258 | 0,00% |
| 39 | 206 | | 100,00% |
| 40 | 167 | 167 | 0,00% |
| 41 | 118 | 118 | 0,00% |
| 42 | 100 | 100 | 0,00% |
| 43 | 180 | 180 | 0,00% |
| 44 | 218 | 218 | 0,00% |
| 45 | 252 | 252 | 0,00% |
| 46 | 333 | 333 | 0,00% |
| 47 | 365 | 365 | 0,00% |
| 48 | 392 | 392 | 0,00% |
| 49 | 455 | 455 | 0,00% |
| 50 | 530 | 530 | 0,00% |
| 51 | 530 | | 100,00% |
| 52 | 670 | 670 | 0,00% |
| 53 | 729 | 729 | 0,00% |
| 54 | 836 | 836 | 0,00% |
| 55 | 900 | 900 | 0,00% |
| 56 | 959 | 959 | 0,00% |
| 57 | 732 | 732 | 0,00% |
| 58 | 658 | 658 | 0,00% |
| 59 | 579 | 579 | 0,00% |
| 60 | 528 | 528 | 0,00% |
| 61 | 483 | 483 | 0,00% |
| 62 | 442 | | 100,00% |
| 63 | 359 | 359 | 0,00% |
| 64 | 289 | 289 | 0,00% |
| 65 | 240 | 240 | 0,00% |
| 66 | 170 | 170 | 0,00% |
| 67 | 100 | 100 | 0,00% |
| 68 | 242 | 242 | 0,00% |
| 69 | 284 | 284 | 0,00% |
| 70 | 370 | 370 | 0,00% |
| 71 | 430 | | 100,00% |
| 72 | 527 | | 100,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 73 | 565 | 565 | 0,00% |
| 74 | 648 | | 100,00% |
| 75 | 700 | 700 | 0,00% |
| 76 | 718 | 718 | 0,00% |
| 77 | 756 | 756 | 0,00% |
| 78 | 831 | 831 | 0,00% |
| 79 | 906 | 906 | 0,00% |
| 80 | 951 | 951 | 0,00% |
| 81 | 824 | | 100,00% |
| 82 | 742 | 742 | 0,00% |
| 83 | 601 | | 100,00% |
| 84 | 450 | | 100,00% |
| 85 | 345 | 345 | 0,00% |
| 86 | 226 | 226 | 0,00% |
| 87 | 176 | 176 | 0,00% |
| 88 | 139 | 139 | 0,00% |
| 89 | 100 | 100 | 0,00% |
| 90 | 100 | 100 | 0,00% |
| 91 | 241 | 241 | 0,00% |
| 92 | 303 | 303 | 0,00% |
| 93 | 451 | | 100,00% |
| 94 | 672 | 672 | 0,00% |
| 95 | 741 | 741 | 0,00% |
| 96 | 851 | | 100,00% |
| 97 | 913 | | 100,00% |
| 98 | 976 | 976 | 0,00% |
| 99 | 999 | 999 | 0,00% |
| 100 | 888 | 888 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 86,00% |

8. Pengujian dengan Jarak 80 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|---------|
| 1 | 587 | 587 | 0,00% |
| 2 | 700 | 700 | 0,00% |
| 3 | 733 | | 100,00% |
| 4 | 768 | 768 | 0,00% |
| 5 | 770 | | 100,00% |
| 6 | 818 | | 100,00% |
| 7 | 863 | 863 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 8 | 886 | 886 | 0,00% |
| 9 | 902 | 902 | 0,00% |
| 10 | 917 | 917 | 0,00% |
| 11 | 948 | 948 | 0,00% |
| 12 | 988 | 988 | 0,00% |
| 13 | 999 | 999 | 0,00% |
| 14 | 966 | 966 | 0,00% |
| 15 | 919 | 919 | 0,00% |
| 16 | 865 | 865 | 0,00% |
| 17 | 821 | 821 | 0,00% |
| 18 | 768 | 768 | 0,00% |
| 19 | 666 | 666 | 0,00% |
| 20 | 618 | 618 | 0,00% |
| 21 | 587 | | 100,00% |
| 22 | 490 | | 100,00% |
| 23 | 429 | 429 | 0,00% |
| 24 | 351 | 351 | 0,00% |
| 25 | 303 | 303 | 0,00% |
| 26 | 250 | | 100,00% |
| 27 | 250 | 250 | 0,00% |
| 28 | 214 | 214 | 0,00% |
| 29 | 162 | 162 | 0,00% |
| 30 | 115 | 115 | 0,00% |
| 31 | 100 | 100 | 0,00% |
| 32 | 227 | 227 | 0,00% |
| 33 | 267 | 267 | 0,00% |
| 34 | 316 | 316 | 0,00% |
| 35 | 422 | 422 | 0,00% |
| 36 | 482 | 482 | 0,00% |
| 37 | 579 | 579 | 0,00% |
| 38 | 618 | 618 | 0,00% |
| 39 | 625 | | 100,00% |
| 40 | 668 | 668 | 0,00% |
| 41 | 691 | 691 | 0,00% |
| 42 | 740 | | 100,00% |
| 43 | 790 | | 100,00% |
| 44 | 844 | 844 | 0,00% |
| 45 | 902 | 902 | 0,00% |
| 46 | 929 | 929 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 47 | 941 | 941 | 0,00% |
| 48 | 975 | 975 | 0,00% |
| 49 | 999 | 999 | 0,00% |
| 50 | 999 | 999 | 0,00% |
| 51 | 925 | 925 | 0,00% |
| 52 | 855 | 855 | 0,00% |
| 53 | 812 | 812 | 0,00% |
| 54 | 745 | 745 | 0,00% |
| 55 | 710 | | 100,00% |
| 56 | 671 | | 100,00% |
| 57 | 620 | | 100,00% |
| 58 | 562 | | 100,00% |
| 59 | 521 | 521 | 0,00% |
| 60 | 490 | 490 | 0,00% |
| 61 | 456 | | 100,00% |
| 62 | 434 | 434 | 0,00% |
| 63 | 398 | 398 | 0,00% |
| 64 | 356 | 356 | 0,00% |
| 65 | 349 | 349 | 0,00% |
| 66 | 295 | 295 | 0,00% |
| 67 | 260 | | 100,00% |
| 68 | 237 | | 100,00% |
| 69 | 220 | 220 | 0,00% |
| 70 | 202 | 202 | 0,00% |
| 71 | 197 | 197 | 0,00% |
| 72 | 137 | 137 | 0,00% |
| 73 | 100 | 100 | 0,00% |
| 74 | 214 | 214 | 0,00% |
| 75 | 259 | 259 | 0,00% |
| 76 | 306 | 306 | 0,00% |
| 77 | 344 | 344 | 0,00% |
| 78 | 392 | | 100,00% |
| 79 | 407 | 407 | 0,00% |
| 80 | 440 | 440 | 0,00% |
| 81 | 472 | 472 | 0,00% |
| 82 | 524 | 524 | 0,00% |
| 83 | 584 | 584 | 0,00% |
| 84 | 625 | 625 | 0,00% |
| 85 | 642 | 642 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 86 | 694 | | 100,00% |
| 87 | 741 | | 100,00% |
| 88 | 755 | | 100,00% |
| 89 | 775 | 775 | 0,00% |
| 90 | 874 | 874 | 0,00% |
| 91 | 999 | | 100,00% |
| 92 | 866 | | 100,00% |
| 93 | 933 | 933 | 0,00% |
| 94 | 701 | 701 | 0,00% |
| 95 | 884 | 884 | 0,00% |
| 96 | 999 | 999 | 0,00% |
| 97 | 582 | 582 | 0,00% |
| 98 | 448 | 448 | 0,00% |
| 99 | 529 | 529 | 0,00% |
| 100 | 436 | | 100,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 77,00% |

9. Pengujian dengan Jarak 90 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|---------|
| 1 | 624 | | 100,00% |
| 2 | 601 | | 100,00% |
| 3 | 514 | | 100,00% |
| 4 | 496 | | 100,00% |
| 5 | 441 | | 100,00% |
| 6 | 403 | 403 | 0,00% |
| 7 | 315 | 315 | 0,00% |
| 8 | 311 | 311 | 0,00% |
| 9 | 177 | 177 | 0,00% |
| 10 | 177 | | 100,00% |
| 11 | 122 | | 100,00% |
| 12 | 100 | 100 | 0,00% |
| 13 | 187 | 187 | 0,00% |
| 14 | 279 | 279 | 0,00% |
| 15 | 349 | 349 | 0,00% |
| 16 | 348 | 348 | 0,00% |
| 17 | 348 | 348 | 0,00% |
| 18 | 454 | 454 | 0,00% |
| 19 | 529 | 529 | 0,00% |
| 20 | 595 | 595 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 21 | 635 | 635 | 0,00% |
| 22 | 634 | 634 | 0,00% |
| 23 | 680 | 680 | 0,00% |
| 24 | 722 | 722 | 0,00% |
| 25 | 777 | | 100,00% |
| 26 | 807 | 807 | 0,00% |
| 27 | 860 | 860 | 0,00% |
| 28 | 909 | | 100,00% |
| 29 | 972 | 972 | 0,00% |
| 30 | 999 | 999 | 0,00% |
| 31 | 866 | | 100,00% |
| 32 | 865 | | 100,00% |
| 33 | 766 | 766 | 0,00% |
| 34 | 712 | 712 | 0,00% |
| 35 | 650 | 650 | 0,00% |
| 36 | 602 | 602 | 0,00% |
| 37 | 556 | 556 | 0,00% |
| 38 | 489 | | 100,00% |
| 39 | 454 | | 100,00% |
| 40 | 408 | | 100,00% |
| 41 | 357 | | 100,00% |
| 42 | 262 | 262 | 0,00% |
| 43 | 224 | 224 | 0,00% |
| 44 | 190 | 190 | 0,00% |
| 45 | 122 | 122 | 0,00% |
| 46 | 100 | 100 | 0,00% |
| 47 | 100 | 100 | 0,00% |
| 48 | 179 | 179 | 0,00% |
| 49 | 237 | 237 | 0,00% |
| 50 | 237 | 237 | 0,00% |
| 51 | 277 | 277 | 0,00% |
| 52 | 336 | | 100,00% |
| 53 | 424 | 424 | 0,00% |
| 54 | 495 | 495 | 0,00% |
| 55 | 557 | 557 | 0,00% |
| 56 | 663 | 663 | 0,00% |
| 57 | 714 | 714 | 0,00% |
| 58 | 775 | 775 | 0,00% |
| 59 | 848 | | 100,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 60 | 910 | | 100,00% |
| 61 | 910 | 910 | 0,00% |
| 62 | 986 | | 100,00% |
| 63 | 875 | | 100,00% |
| 64 | 771 | 771 | 0,00% |
| 65 | 713 | 713 | 0,00% |
| 66 | 644 | | 100,00% |
| 67 | 598 | | 100,00% |
| 68 | 535 | 535 | 0,00% |
| 69 | 454 | | 100,00% |
| 70 | 365 | 365 | 0,00% |
| 71 | 320 | | 100,00% |
| 72 | 304 | | 100,00% |
| 73 | 253 | 253 | 0,00% |
| 74 | 166 | 166 | 0,00% |
| 75 | 127 | 127 | 0,00% |
| 76 | 100 | 100 | 0,00% |
| 77 | 100 | 100 | 0,00% |
| 78 | 173 | 173 | 0,00% |
| 79 | 309 | 309 | 0,00% |
| 80 | 363 | 363 | 0,00% |
| 81 | 438 | | 100,00% |
| 82 | 468 | 468 | 0,00% |
| 83 | 514 | 514 | 0,00% |
| 84 | 565 | 565 | 0,00% |
| 85 | 601 | 601 | 0,00% |
| 86 | 644 | 644 | 0,00% |
| 87 | 788 | 788 | 0,00% |
| 88 | 864 | 864 | 0,00% |
| 89 | 919 | 919 | 0,00% |
| 90 | 997 | 997 | 0,00% |
| 91 | 879 | 879 | 0,00% |
| 92 | 834 | 834 | 0,00% |
| 93 | 712 | 712 | 0,00% |
| 94 | 580 | 580 | 0,00% |
| 95 | 489 | 489 | 0,00% |
| 96 | 398 | 398 | 0,00% |
| 97 | 343 | 343 | 0,00% |
| 98 | 302 | 302 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 99 | 237 | 237 | 0,00% |
| 100 | 100 | | 100,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 73,00% |

10. Pengujian dengan Jarak 100 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|---------|
| 1 | 632 | | 100,00% |
| 2 | 531 | 531 | 0,00% |
| 3 | 362 | | 100,00% |
| 4 | 341 | 341 | 0,00% |
| 5 | 268 | 268 | 0,00% |
| 6 | 121 | 121 | 0,00% |
| 7 | 100 | 100 | 0,00% |
| 8 | 207 | 207 | 0,00% |
| 9 | 316 | | 100,00% |
| 10 | 476 | 476 | 0,00% |
| 11 | 475 | | 100,00% |
| 12 | 550 | | 100,00% |
| 13 | 549 | 549 | 0,00% |
| 14 | 649 | 649 | 0,00% |
| 15 | 702 | 702 | 0,00% |
| 16 | 702 | 702 | 0,00% |
| 17 | 811 | 811 | 0,00% |
| 18 | 811 | 811 | 0,00% |
| 19 | 931 | | 100,00% |
| 20 | 999 | | 100,00% |
| 21 | 999 | | 100,00% |
| 22 | 901 | | 100,00% |
| 23 | 820 | | 100,00% |
| 24 | 762 | | 100,00% |
| 25 | 762 | | 100,00% |
| 26 | 651 | | 100,00% |
| 27 | 406 | | 100,00% |
| 28 | 325 | 325 | 0,00% |
| 29 | 225 | | 100,00% |
| 30 | 165 | | 100,00% |
| 31 | 100 | | 100,00% |
| 32 | 100 | | 100,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 33 | 218 | 218 | 0,00% |
| 34 | 341 | | 100,00% |
| 35 | 392 | | 100,00% |
| 36 | 545 | | 100,00% |
| 37 | 723 | | 100,00% |
| 38 | 868 | | 100,00% |
| 39 | 999 | 999 | 0,00% |
| 40 | 999 | | 100,00% |
| 41 | 999 | | 100,00% |
| 42 | 827 | | 100,00% |
| 43 | 666 | | 100,00% |
| 44 | 450 | | 100,00% |
| 45 | 450 | 450 | 0,00% |
| 46 | 450 | 450 | 0,00% |
| 47 | 352 | 352 | 0,00% |
| 48 | 352 | 352 | 0,00% |
| 49 | 352 | 352 | 0,00% |
| 50 | 352 | 352 | 0,00% |
| 51 | 151 | 151 | 0,00% |
| 52 | 100 | 100 | 0,00% |
| 53 | 204 | 204 | 0,00% |
| 54 | 286 | | 100,00% |
| 55 | 342 | 342 | 0,00% |
| 56 | 425 | | 100,00% |
| 57 | 634 | 634 | 0,00% |
| 58 | 751 | 751 | 0,00% |
| 59 | 813 | | 100,00% |
| 60 | 951 | | 100,00% |
| 61 | 999 | | 100,00% |
| 62 | 885 | 885 | 0,00% |
| 63 | 757 | 757 | 0,00% |
| 64 | 641 | 641 | 0,00% |
| 65 | 499 | 499 | 0,00% |
| 66 | 415 | 415 | 0,00% |
| 67 | 337 | 337 | 0,00% |
| 68 | 143 | 143 | 0,00% |
| 69 | 100 | 100 | 0,00% |
| 70 | 100 | 100 | 0,00% |
| 71 | 295 | 295 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 72 | 475 | 475 | 0,00% |
| 73 | 542 | 542 | 0,00% |
| 74 | 542 | 542 | 0,00% |
| 75 | 541 | 541 | 0,00% |
| 76 | 542 | 542 | 0,00% |
| 77 | 541 | 541 | 0,00% |
| 78 | 542 | 542 | 0,00% |
| 79 | 541 | 541 | 0,00% |
| 80 | 541 | 541 | 0,00% |
| 81 | 541 | | 100,00% |
| 82 | 541 | | 100,00% |
| 83 | 542 | 542 | 0,00% |
| 84 | 541 | 541 | 0,00% |
| 85 | 541 | 541 | 0,00% |
| 86 | 541 | 541 | 0,00% |
| 87 | 541 | 541 | 0,00% |
| 88 | 541 | 541 | 0,00% |
| 89 | 541 | | 100,00% |
| 90 | 541 | | 100,00% |
| 91 | 541 | | 100,00% |
| 92 | 319 | | 100,00% |
| 93 | 319 | | 100,00% |
| 94 | 319 | 319 | 0,00% |
| 95 | 319 | 319 | 0,00% |
| 96 | 319 | 319 | 0,00% |
| 97 | 319 | 319 | 0,00% |
| 98 | 319 | 319 | 0,00% |
| 99 | 319 | | 100,00% |
| 100 | 320 | 320 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 59,00% |

A.1.2 Terdapat Halangan

1. Pengujian dengan Jarak 10 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|-------|
| 1 | 102 | 102 | 0,00% |
| 2 | 110 | 110 | 0,00% |
| 3 | 154 | 154 | 0,00% |
| 4 | 181 | 181 | 0,00% |
| 5 | 202 | 202 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 6 | 230 | 230 | 0,00% |
| 7 | 251 | 251 | 0,00% |
| 8 | 266 | 266 | 0,00% |
| 9 | 284 | 284 | 0,00% |
| 10 | 309 | 309 | 0,00% |
| 11 | 326 | 326 | 0,00% |
| 12 | 353 | 353 | 0,00% |
| 13 | 390 | 390 | 0,00% |
| 14 | 426 | 426 | 0,00% |
| 15 | 426 | | 100,00% |
| 16 | 464 | | 100,00% |
| 17 | 485 | 485 | 0,00% |
| 18 | 512 | | 100,00% |
| 19 | 520 | 520 | 0,00% |
| 20 | 549 | | 100,00% |
| 21 | 590 | | 100,00% |
| 22 | 606 | | 100,00% |
| 23 | 639 | 639 | 0,00% |
| 24 | 658 | 658 | 0,00% |
| 25 | 680 | 680 | 0,00% |
| 26 | 683 | | 100,00% |
| 27 | 705 | 705 | 0,00% |
| 28 | 718 | 718 | 0,00% |
| 29 | 735 | | 100,00% |
| 30 | 751 | | 100,00% |
| 31 | 769 | | 100,00% |
| 32 | 789 | | 100,00% |
| 33 | 803 | 803 | 0,00% |
| 34 | 839 | 839 | 0,00% |
| 35 | 839 | | 100,00% |
| 36 | 858 | 858 | 0,00% |
| 37 | 874 | 874 | 0,00% |
| 38 | 897 | | 100,00% |
| 39 | 913 | | 100,00% |
| 40 | 938 | 938 | 0,00% |
| 41 | 960 | 960 | 0,00% |
| 42 | 984 | 984 | 0,00% |
| 43 | 999 | 999 | 0,00% |
| 44 | 999 | | 100,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 45 | 971 | 971 | 0,00% |
| 46 | 920 | 920 | 0,00% |
| 47 | 891 | | 100,00% |
| 48 | 835 | 835 | 0,00% |
| 49 | 811 | | 100,00% |
| 50 | 772 | 772 | 0,00% |
| 51 | 741 | 741 | 0,00% |
| 52 | 693 | | 100,00% |
| 53 | 623 | 623 | 0,00% |
| 54 | 580 | | 100,00% |
| 55 | 552 | | 100,00% |
| 56 | 493 | 493 | 0,00% |
| 57 | 435 | | 100,00% |
| 58 | 413 | 413 | 0,00% |
| 59 | 374 | | 100,00% |
| 60 | 331 | | 100,00% |
| 61 | 303 | 303 | 0,00% |
| 62 | 257 | | 100,00% |
| 63 | 191 | | 100,00% |
| 64 | 157 | 157 | 0,00% |
| 65 | 116 | 116 | 0,00% |
| 66 | 102 | 102 | 0,00% |
| 67 | 111 | 111 | 0,00% |
| 68 | 165 | 165 | 0,00% |
| 69 | 202 | | 100,00% |
| 70 | 241 | 241 | 0,00% |
| 71 | 280 | 280 | 0,00% |
| 72 | 342 | 342 | 0,00% |
| 73 | 403 | 403 | 0,00% |
| 74 | 461 | | 100,00% |
| 75 | 499 | | 100,00% |
| 76 | 552 | 552 | 0,00% |
| 77 | 612 | | 100,00% |
| 78 | 656 | 656 | 0,00% |
| 79 | 724 | | 100,00% |
| 80 | 778 | 778 | 0,00% |
| 81 | 798 | 798 | 0,00% |
| 82 | 832 | | 100,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------|
| 83 | 862 | 862 | 0,00% |
| 84 | 915 | 915 | 0,00% |
| 85 | 944 | 944 | 0,00% |
| 86 | 999 | 999 | 0,00% |
| 87 | 999 | 999 | 0,00% |
| 88 | 999 | | 100,00% |
| 89 | 999 | 999 | 0,00% |
| 90 | 944 | | 100,00% |
| 91 | 832 | | 100,00% |
| 92 | 725 | 725 | 0,00% |
| 93 | 725 | 725 | 0,00% |
| 94 | 726 | 726 | 0,00% |
| 95 | 726 | 726 | 0,00% |
| 96 | 726 | 726 | 0,00% |
| 97 | 727 | | 100,00% |
| 98 | 726 | 726 | 0,00% |
| 99 | 727 | | 100,00% |
| 100 | 727 | | 100,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 63,00% |

2. Pengujian dengan Jarak 20 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|-------|
| 1 | 581 | 581 | 0,00% |
| 2 | 528 | 528 | 0,00% |
| 3 | 501 | 501 | 0,00% |
| 4 | 449 | 449 | 0,00% |
| 5 | 422 | 422 | 0,00% |
| 6 | 376 | 376 | 0,00% |
| 7 | 370 | 370 | 0,00% |
| 8 | 335 | 335 | 0,00% |
| 9 | 261 | 261 | 0,00% |
| 10 | 226 | 226 | 0,00% |
| 11 | 196 | 196 | 0,00% |
| 12 | 155 | 155 | 0,00% |
| 13 | 147 | 147 | 0,00% |
| 14 | 104 | 104 | 0,00% |
| 15 | 104 | 104 | 0,00% |
| 16 | 127 | 127 | 0,00% |
| 17 | 172 | 172 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 18 | 200 | 200 | 0,00% |
| 19 | 234 | 234 | 0,00% |
| 20 | 267 | 267 | 0,00% |
| 21 | 303 | 303 | 0,00% |
| 22 | 331 | 331 | 0,00% |
| 23 | 359 | 359 | 0,00% |
| 24 | 381 | 381 | 0,00% |
| 25 | 422 | 422 | 0,00% |
| 26 | 477 | 477 | 0,00% |
| 27 | 508 | 508 | 0,00% |
| 28 | 528 | 528 | 0,00% |
| 29 | 564 | 564 | 0,00% |
| 30 | 608 | 608 | 0,00% |
| 31 | 651 | 651 | 0,00% |
| 32 | 683 | 683 | 0,00% |
| 33 | 728 | 728 | 0,00% |
| 34 | 744 | 744 | 0,00% |
| 35 | 810 | 810 | 0,00% |
| 36 | 827 | | 100,00% |
| 37 | 853 | 853 | 0,00% |
| 38 | 911 | 911 | 0,00% |
| 39 | 951 | | 100,00% |
| 40 | 999 | | 100,00% |
| 41 | 999 | 999 | 0,00% |
| 42 | 963 | | 100,00% |
| 43 | 916 | 916 | 0,00% |
| 44 | 898 | | 100,00% |
| 45 | 833 | | 100,00% |
| 46 | 789 | 789 | 0,00% |
| 47 | 776 | 776 | 0,00% |
| 48 | 706 | 706 | 0,00% |
| 49 | 673 | | 100,00% |
| 50 | 629 | | 100,00% |
| 51 | 609 | | 100,00% |
| 52 | 569 | | 100,00% |
| 53 | 545 | 545 | 0,00% |
| 54 | 488 | 488 | 0,00% |
| 55 | 424 | 424 | 0,00% |
| 56 | 347 | 347 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 57 | 259 | 259 | 0,00% |
| 58 | 186 | 186 | 0,00% |
| 59 | 135 | | 100,00% |
| 60 | 104 | | 100,00% |
| 61 | 155 | 155 | 0,00% |
| 62 | 245 | | 100,00% |
| 63 | 315 | 315 | 0,00% |
| 64 | 355 | 355 | 0,00% |
| 65 | 409 | 409 | 0,00% |
| 66 | 443 | 443 | 0,00% |
| 67 | 505 | | 100,00% |
| 68 | 586 | 586 | 0,00% |
| 69 | 650 | 650 | 0,00% |
| 70 | 717 | 717 | 0,00% |
| 71 | 750 | 750 | 0,00% |
| 72 | 836 | 836 | 0,00% |
| 73 | 869 | | 100,00% |
| 74 | 931 | | 100,00% |
| 75 | 998 | 998 | 0,00% |
| 76 | 999 | 999 | 0,00% |
| 77 | 999 | 999 | 0,00% |
| 78 | 964 | 964 | 0,00% |
| 79 | 848 | 848 | 0,00% |
| 80 | 738 | 738 | 0,00% |
| 81 | 730 | 730 | 0,00% |
| 82 | 655 | 655 | 0,00% |
| 83 | 589 | 589 | 0,00% |
| 84 | 496 | 496 | 0,00% |
| 85 | 381 | 381 | 0,00% |
| 86 | 168 | 168 | 0,00% |
| 87 | 104 | 104 | 0,00% |
| 88 | 104 | 104 | 0,00% |
| 89 | 104 | 104 | 0,00% |
| 90 | 104 | 104 | 0,00% |
| 91 | 104 | 104 | 0,00% |
| 92 | 104 | 104 | 0,00% |
| 93 | 104 | 104 | 0,00% |
| 94 | 104 | 104 | 0,00% |
| 95 | 104 | 104 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 96 | 132 | 132 | 0,00% |
| 97 | 190 | 190 | 0,00% |
| 98 | 240 | 240 | 0,00% |
| 99 | 257 | 257 | 0,00% |
| 100 | 346 | 346 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 84,00% |

3. Pengujian dengan Jarak 30 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------|
| 1 | 106 | 106 | 0,00% |
| 2 | 107 | 107 | 0,00% |
| 3 | 138 | 138 | 0,00% |
| 4 | 165 | 165 | 0,00% |
| 5 | 181 | 181 | 0,00% |
| 6 | 200 | 200 | 0,00% |
| 7 | 223 | 223 | 0,00% |
| 8 | 236 | 236 | 0,00% |
| 9 | 258 | 258 | 0,00% |
| 10 | 302 | 302 | 0,00% |
| 11 | 327 | 327 | 0,00% |
| 12 | 358 | 358 | 0,00% |
| 13 | 390 | 390 | 0,00% |
| 14 | 442 | 442 | 0,00% |
| 15 | 482 | 482 | 0,00% |
| 16 | 528 | 528 | 0,00% |
| 17 | 572 | 572 | 0,00% |
| 18 | 591 | 591 | 0,00% |
| 19 | 630 | 630 | 0,00% |
| 20 | 661 | | 100,00% |
| 21 | 700 | 700 | 0,00% |
| 22 | 726 | 726 | 0,00% |
| 23 | 777 | 777 | 0,00% |
| 24 | 813 | 813 | 0,00% |
| 25 | 839 | 839 | 0,00% |
| 26 | 877 | 877 | 0,00% |
| 27 | 905 | 905 | 0,00% |
| 28 | 963 | 963 | 0,00% |
| 29 | 992 | 992 | 0,00% |
| 30 | 999 | 999 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 31 | 999 | 999 | 0,00% |
| 32 | 999 | 999 | 0,00% |
| 33 | 967 | 967 | 0,00% |
| 34 | 941 | 941 | 0,00% |
| 35 | 921 | 921 | 0,00% |
| 36 | 880 | 880 | 0,00% |
| 37 | 850 | 850 | 0,00% |
| 38 | 833 | 833 | 0,00% |
| 39 | 812 | 812 | 0,00% |
| 40 | 812 | 812 | 0,00% |
| 41 | 783 | 783 | 0,00% |
| 42 | 767 | 767 | 0,00% |
| 43 | 760 | 760 | 0,00% |
| 44 | 761 | | 100,00% |
| 45 | 760 | 760 | 0,00% |
| 46 | 724 | | 100,00% |
| 47 | 703 | | 100,00% |
| 48 | 682 | | 100,00% |
| 49 | 682 | | 100,00% |
| 50 | 682 | | 100,00% |
| 51 | 652 | | 100,00% |
| 52 | 630 | | 100,00% |
| 53 | 609 | | 100,00% |
| 54 | 594 | | 100,00% |
| 55 | 576 | | 100,00% |
| 56 | 559 | | 100,00% |
| 57 | 542 | | 100,00% |
| 58 | 519 | | 100,00% |
| 59 | 472 | 472 | 0,00% |
| 60 | 442 | 442 | 0,00% |
| 61 | 427 | 427 | 0,00% |
| 62 | 417 | 417 | 0,00% |
| 63 | 398 | 398 | 0,00% |
| 64 | 388 | 388 | 0,00% |
| 65 | 354 | 354 | 0,00% |
| 66 | 337 | 337 | 0,00% |
| 67 | 327 | 327 | 0,00% |
| 68 | 318 | 318 | 0,00% |
| 69 | 300 | 300 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 70 | 301 | 301 | 0,00% |
| 71 | 277 | 277 | 0,00% |
| 72 | 267 | 267 | 0,00% |
| 73 | 260 | 260 | 0,00% |
| 74 | 238 | 238 | 0,00% |
| 75 | 204 | 204 | 0,00% |
| 76 | 175 | 175 | 0,00% |
| 77 | 150 | 150 | 0,00% |
| 78 | 138 | 138 | 0,00% |
| 79 | 123 | 123 | 0,00% |
| 80 | 105 | 105 | 0,00% |
| 81 | 105 | 105 | 0,00% |
| 82 | 105 | | 100,00% |
| 83 | 105 | | 100,00% |
| 84 | 105 | | 100,00% |
| 85 | 110 | 110 | 0,00% |
| 86 | 140 | 140 | 0,00% |
| 87 | 180 | 180 | 0,00% |
| 88 | 207 | 207 | 0,00% |
| 89 | 238 | 238 | 0,00% |
| 90 | 305 | 305 | 0,00% |
| 91 | 334 | 334 | 0,00% |
| 92 | 354 | 354 | 0,00% |
| 93 | 376 | 376 | 0,00% |
| 94 | 428 | 428 | 0,00% |
| 95 | 448 | 448 | 0,00% |
| 96 | 480 | 480 | 0,00% |
| 97 | 511 | 511 | 0,00% |
| 98 | 539 | 539 | 0,00% |
| 99 | 577 | 577 | 0,00% |
| 100 | 598 | | 100,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 81,00% |

4. Pengujian dengan Jarak 40 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|---------|
| 1 | 111 | | 100,00% |
| 2 | 213 | | 100,00% |
| 3 | 302 | | 100,00% |
| 4 | 360 | 360 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 5 | 461 | 461 | 0,00% |
| 6 | 524 | | 100,00% |
| 7 | 589 | 589 | 0,00% |
| 8 | 653 | | 100,00% |
| 9 | 719 | 719 | 0,00% |
| 10 | 777 | 777 | 0,00% |
| 11 | 818 | | 100,00% |
| 12 | 898 | 898 | 0,00% |
| 13 | 939 | 939 | 0,00% |
| 14 | 979 | 979 | 0,00% |
| 15 | 999 | 999 | 0,00% |
| 16 | 934 | 934 | 0,00% |
| 17 | 899 | | 100,00% |
| 18 | 854 | | 100,00% |
| 19 | 817 | 817 | 0,00% |
| 20 | 769 | 769 | 0,00% |
| 21 | 744 | | 100,00% |
| 22 | 695 | | 100,00% |
| 23 | 652 | 652 | 0,00% |
| 24 | 572 | 572 | 0,00% |
| 25 | 504 | 504 | 0,00% |
| 26 | 415 | 415 | 0,00% |
| 27 | 313 | 313 | 0,00% |
| 28 | 195 | 195 | 0,00% |
| 29 | 111 | 111 | 0,00% |
| 30 | 111 | 111 | 0,00% |
| 31 | 144 | 144 | 0,00% |
| 32 | 205 | 205 | 0,00% |
| 33 | 345 | 345 | 0,00% |
| 34 | 410 | | 100,00% |
| 35 | 528 | 528 | 0,00% |
| 36 | 598 | 598 | 0,00% |
| 37 | 690 | 690 | 0,00% |
| 38 | 778 | 778 | 0,00% |
| 39 | 847 | | 100,00% |
| 40 | 932 | 932 | 0,00% |
| 41 | 988 | | 100,00% |
| 42 | 904 | | 100,00% |
| 43 | 759 | 759 | 0,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 44 | 702 | | 100,00% |
| 45 | 645 | 645 | 0,00% |
| 46 | 592 | | 100,00% |
| 47 | 481 | | 100,00% |
| 48 | 424 | 424 | 0,00% |
| 49 | 351 | 351 | 0,00% |
| 50 | 286 | | 100,00% |
| 51 | 228 | 228 | 0,00% |
| 52 | 174 | 174 | 0,00% |
| 53 | 122 | 122 | 0,00% |
| 54 | 244 | 244 | 0,00% |
| 55 | 300 | 300 | 0,00% |
| 56 | 441 | 441 | 0,00% |
| 57 | 514 | | 100,00% |
| 58 | 657 | 657 | 0,00% |
| 59 | 803 | 803 | 0,00% |
| 60 | 954 | 954 | 0,00% |
| 61 | 999 | 999 | 0,00% |
| 62 | 893 | 893 | 0,00% |
| 63 | 791 | 791 | 0,00% |
| 64 | 638 | 638 | 0,00% |
| 65 | 474 | 474 | 0,00% |
| 66 | 393 | 393 | 0,00% |
| 67 | 194 | 194 | 0,00% |
| 68 | 122 | 122 | 0,00% |
| 69 | 117 | 117 | 0,00% |
| 70 | 115 | 115 | 0,00% |
| 71 | 115 | 115 | 0,00% |
| 72 | 115 | 115 | 0,00% |
| 73 | 135 | | 100,00% |
| 74 | 253 | | 100,00% |
| 75 | 257 | 257 | 0,00% |
| 76 | 336 | 336 | 0,00% |
| 77 | 436 | | 100,00% |
| 78 | 515 | | 100,00% |
| 79 | 615 | 615 | 0,00% |
| 80 | 739 | 739 | 0,00% |
| 81 | 765 | 765 | 0,00% |
| 82 | 889 | 889 | 0,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 83 | 918 | 918 | 0,00% |
| 84 | 956 | | 100,00% |
| 85 | 999 | | 100,00% |
| 86 | 999 | 999 | 0,00% |
| 87 | 999 | 999 | 0,00% |
| 88 | 955 | 955 | 0,00% |
| 89 | 850 | 850 | 0,00% |
| 90 | 780 | 780 | 0,00% |
| 91 | 716 | | 100,00% |
| 92 | 650 | 650 | 0,00% |
| 93 | 571 | 571 | 0,00% |
| 94 | 443 | | 100,00% |
| 95 | 407 | | 100,00% |
| 96 | 378 | 378 | 0,00% |
| 97 | 318 | 318 | 0,00% |
| 98 | 202 | 202 | 0,00% |
| 99 | 124 | | 100,00% |
| 100 | 133 | 133 | 0,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 71,00% |

5. Pengujian dengan Jarak 50 Meter

| No | Data Kirim | Data Terima | Error |
|----|------------|-------------|---------|
| 1 | 104 | 104 | 0,00% |
| 2 | 167 | | 100,00% |
| 3 | 199 | | 100,00% |
| 4 | 264 | | 100,00% |
| 5 | 331 | | 100,00% |
| 6 | 402 | | 100,00% |
| 7 | 430 | | 100,00% |
| 8 | 474 | | 100,00% |
| 9 | 524 | | 100,00% |
| 10 | 564 | 564 | 0,00% |
| 11 | 627 | 627 | 0,00% |
| 12 | 678 | | 100,00% |
| 13 | 746 | | 100,00% |
| 14 | 796 | | 100,00% |
| 15 | 854 | | 100,00% |
| 16 | 888 | | 100,00% |
| 17 | 946 | | 100,00% |

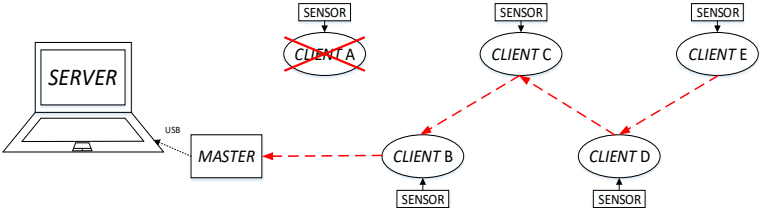
| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 18 | 973 | 973 | 0,00% |
| 19 | 999 | | 100,00% |
| 20 | 903 | | 100,00% |
| 21 | 861 | | 100,00% |
| 22 | 791 | | 100,00% |
| 23 | 746 | | 100,00% |
| 24 | 669 | | 100,00% |
| 25 | 599 | | 100,00% |
| 26 | 506 | | 100,00% |
| 27 | 412 | | 100,00% |
| 28 | 325 | 325 | 0,00% |
| 29 | 280 | | 100,00% |
| 30 | 241 | | 100,00% |
| 31 | 189 | | 100,00% |
| 32 | 162 | | 100,00% |
| 33 | 104 | | 100,00% |
| 34 | 104 | | 100,00% |
| 35 | 162 | | 100,00% |
| 36 | 204 | | 100,00% |
| 37 | 243 | | 100,00% |
| 38 | 288 | 288 | 0,00% |
| 39 | 349 | 349 | 0,00% |
| 40 | 423 | | 100,00% |
| 41 | 448 | 448 | 0,00% |
| 42 | 506 | | 100,00% |
| 43 | 537 | | 100,00% |
| 44 | 570 | | 100,00% |
| 45 | 593 | | 100,00% |
| 46 | 660 | 660 | 0,00% |
| 47 | 774 | | 100,00% |
| 48 | 790 | | 100,00% |
| 49 | 836 | | 100,00% |
| 50 | 871 | | 100,00% |
| 51 | 944 | | 100,00% |
| 52 | 999 | 999 | 0,00% |
| 53 | 936 | 936 | 0,00% |
| 54 | 898 | 898 | 0,00% |
| 55 | 888 | | 100,00% |
| 56 | 858 | | 100,00% |

| | | | |
|----|-----|-----|---------|
| 57 | 822 | | 100,00% |
| 58 | 785 | | 100,00% |
| 59 | 731 | | 100,00% |
| 60 | 702 | 702 | 0,00% |
| 61 | 645 | 645 | 0,00% |
| 62 | 608 | 608 | 0,00% |
| 63 | 551 | | 100,00% |
| 64 | 511 | | 100,00% |
| 65 | 462 | | 100,00% |
| 66 | 391 | | 100,00% |
| 67 | 293 | 293 | 0,00% |
| 68 | 200 | | 100,00% |
| 69 | 110 | 110 | 0,00% |
| 70 | 164 | | 100,00% |
| 71 | 131 | | 100,00% |
| 72 | 166 | | 100,00% |
| 73 | 201 | | 100,00% |
| 74 | 242 | 242 | 0,00% |
| 75 | 297 | 297 | 0,00% |
| 76 | 376 | 376 | 0,00% |
| 77 | 448 | 448 | 0,00% |
| 78 | 485 | 485 | 0,00% |
| 79 | 566 | | 100,00% |
| 80 | 593 | | 100,00% |
| 81 | 630 | | 100,00% |
| 82 | 736 | | 100,00% |
| 83 | 768 | | 100,00% |
| 84 | 824 | | 100,00% |
| 85 | 876 | 876 | 0,00% |
| 86 | 927 | | 100,00% |
| 87 | 995 | | 100,00% |
| 88 | 999 | | 100,00% |
| 89 | 999 | 999 | 0,00% |
| 90 | 933 | | 100,00% |
| 91 | 826 | | 100,00% |
| 92 | 711 | 711 | 0,00% |
| 93 | 607 | 607 | 0,00% |
| 94 | 558 | | 100,00% |
| 95 | 470 | | 100,00% |

| | | | |
|---|-----|-----|---------------|
| 96 | 361 | | 100,00% |
| 97 | 290 | | 100,00% |
| 98 | 193 | 193 | 0,00% |
| 99 | 105 | | 100,00% |
| 100 | 199 | | 100,00% |
| Presentase Keberhasilan Penerimaan | | | 27,00% |

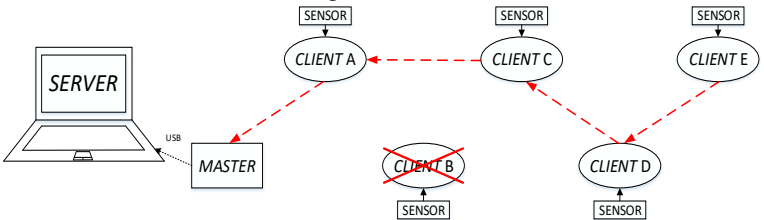
A.2 Pengujian Komunikasi dengan Metode AutoRoute

1. Kondisi saat *Client A* mengalami kerusakan sistem.



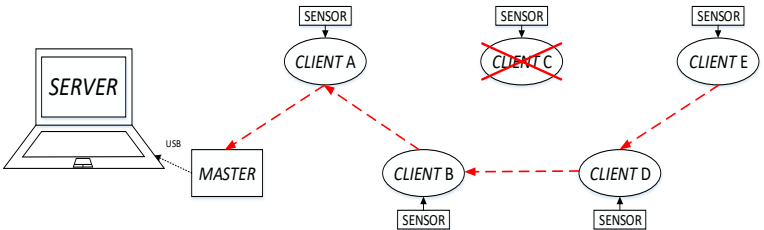
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|----------------------|------------------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E537 | D424 E537 | C339 D424 E537 | B316 C339 D424 E537 | - | B316 C339 D424 E537 | 7,72 8,28 10,36 13,12 |
| 2. | E523 | D440 E523 | C401 D440 E523 | B344 C401 D440 E523 | - | B344 C401 D440 E523 | 8,41 9,80 10,75 12,78 |
| 3. | E508 | D470 E508 | C441 D470 E508 | B457 C441 D470 E508 | - | B457 C441 D470 E508 | 11,17 10,78 11,49 12,41 |
| 4. | E509 | D488 E509 | C484 D488 E509 | B446 C484 D488 E509 | - | B446 C484 D488 E509 | 10,90 11,86 11,93 12,44 |
| 5. | E404 | D581 E404 | C515 D581 E404 | B504 C515 D581 E404 | - | B504 C515 D581 E404 | 12,32 12,59 14,20 9,87 |

2. Kondisi saat *Client B* mengalami kerusakan sistem.



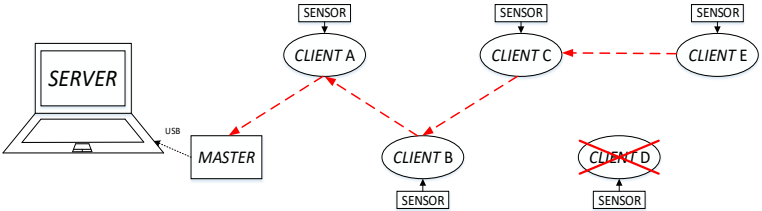
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|----------------------|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E472 | D476 E472 | C421 D476 E472 | - | A463 | A463 | 11.31 |
| | | | | | C421 | C421 | 10.29 |
| | | | | | D476 | D476 | 11.63 |
| | | | | | E472 | E472 | 11.53 |
| 2. | E398 | D400 E398 | C440 D400 E398 | - | A436 | A436 | 10.65 |
| | | | | | C440 | C440 | 10.75 |
| | | | | | D400 | D400 | 9.78 |
| | | | | | E398 | E398 | 9.73 |
| 3. | E473 | D430 E473 | C472 D430 E473 | - | A409 | A409 | 10.00 |
| | | | | | C472 | C472 | 11.53 |
| | | | | | D430 | D430 | 10.51 |
| | | | | | E473 | E473 | 11.56 |
| 4. | E474 | D459 E474 | C450 D459 E474 | - | A470 | A470 | 11.49 |
| | | | | | C450 | C450 | 11.00 |
| | | | | | D459 | D459 | 11.22 |
| | | | | | E474 | E474 | 11.58 |
| 5. | E429 | D346 E429 | C406 D346 E429 | - | A417 | A417 | 10.19 |
| | | | | | C406 | C406 | 9.92 |
| | | | | | D346 | D346 | 8.46 |
| | | | | | E429 | E429 | 10.48 |

3. Kondisi saat *Client C* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|---|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E362 | D303 E362 | - | B360 D303 E362 | A416 B360 D303 E362 | A416 B360 D303 E362 | 10.17 8.80 7,40 8,85 |
| 2. | E367 | D304 E367 | - | B521 D304 E367 | A485 B521 D304 E367 | A485 B521 D304 E367 | 11.85 12.73 7,43 8,97 |
| 3. | E416 | D521 E416 | - | B465 D521 E416 | A527 B465 D521 E416 | A527 B465 D521 E416 | 12.88 11.36 12,73 10,17 |
| 4. | E334 | D340 E334 | - | B468 D340 E334 | A452 B468 D340 E334 | A452 B468 D340 E334 | 11.05 11.44 8,31 8,16 |
| 5. | E413 | D335 E413 | - | B514 D335 E413 | A432 B514 D335 E413 | A432 B514 D335 E413 | 10.56 12.56 8,19 10,09 |

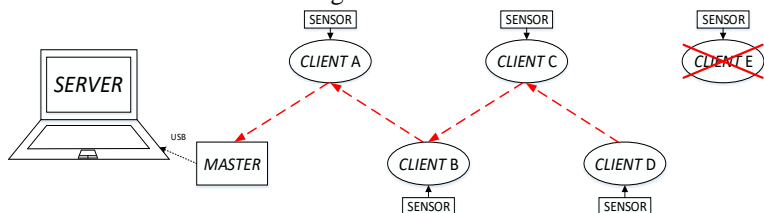
4. Kondisi saat *Client D* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|--------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E516 | - | C366 E516 | B431 C366 E516 | A394 B431 C366 E516 | A394 B431 C366 E516 | 9.63 10.53 8.94 12.61 |
| 2. | E451 | - | C461 E451 | B464 C461 E451 | A466 B464 C461 E451 | A466 B464 C461 E451 | 11.39 11.34 11.27 11.02 |

| | | | | | | | |
|----|------|---|--------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 3. | E420 | - | C508 E420 | B408 C508 E420 | A527 B408 C508 E420 | A527 B408 C508 E420 | 12.88 9.97 12.41 10.26 |
| 4. | E371 | - | C424 E371 | B515 C424 E371 | A449 B515 C424 E371 | A449 B515 C424 E371 | 10.97 12.59 10.36 9.07 |
| 5. | E470 | - | C477 E470 | B476 C477 E470 | A461 B476 C477 E470 | A461 B476 C477 E470 | 11.27 11.63 11.66 11.49 |

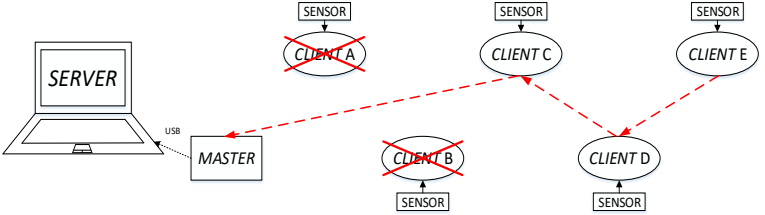
5. Kondisi saat *Client* E mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|--------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D437 | C416 D437 | B514 C416 D437 | A368 B514 C416 D437 | A368 B514 C416 D437 | 8.99 12.56 10.17 10.68 |
| 2. | - | D402 | C481 D402 | B424 C481 D402 | A433 B424 C481 D402 | A433 B424 C481 D402 | 10.58 10.36 11.75 9.82 |
| 3. | - | D452 | C494 D452 | B439 C494 D452 | A463 B439 C494 D452 | A463 B439 C494 D452 | 11.31 10.73 12.07 11.05 |
| 4. | - | D482 | C449 D482 | B474 C449 D482 | A429 B474 C449 D482 | A429 B474 C449 D482 | 10.48 11.58 10.97 11.78 |
| 5. | - | D448 | C476 D448 | B460 C476 | A522 B460 | A522 B460 | 12.76 11.24 |

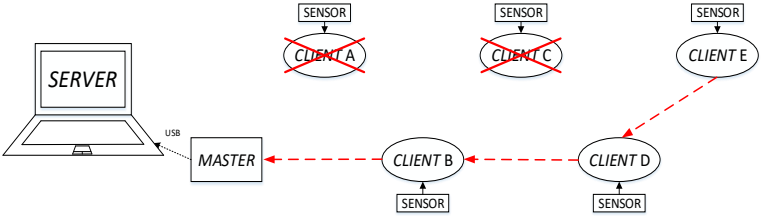
| | | | | | | | |
|--|--|--|--|------|--------------|--------------|----------------|
| | | | | D448 | C476 D448 | C476 D448 | 11.63 10.95 |
|--|--|--|--|------|--------------|--------------|----------------|

6. Kondisi saat *Client A* dan *B* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|----------------------|---|---|----------------------|-------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E508 | D416 E508 | C431 D416 E508 | - | - | C431 D416 E508 | 10.53 10,17 12,41 |
| 2. | E424 | D540 E424 | C441 D540 E424 | - | - | C441 D540 E424 | 10.78 13,20 10,36 |
| 3. | E334 | D488 E334 | C463 D488 E334 | - | - | C463 D488 E334 | 11.31 11,93 8,16 |
| 4. | E523 | D326 E523 | C477 D326 E523 | - | - | C477 D326 E523 | 11.66 7,97 12,78 |
| 5. | E304 | D407 E304 | C508 D407 E304 | - | - | C508 D407 E304 | 12.41 9,95 7,43 |

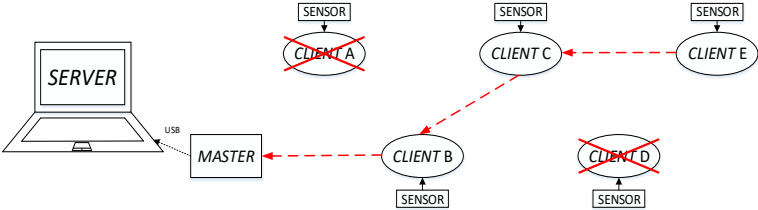
7. Kondisi saat *Client A* dan *C* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|---|------|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E484 | D488 | - | B420 | - | B420 | 11.05 |

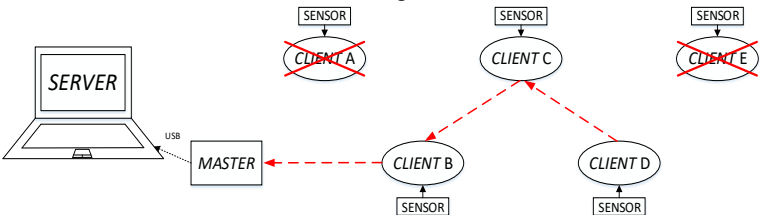
| | | | | | | | |
|----|------|--------------|---|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| | | E484 | | D488 E484 | | D488 E484 | 12.76 11.83 |
| 2. | E447 | D519 E447 | - | B443 D519 E447 | - | B443 D519 E447 | 10.26 11.93 10.92 |
| 3. | E429 | D455 E429 | - | B525 D455 E429 | - | B525 D455 E429 | 10.83 12.68 10.48 |
| 4. | E474 | D417 E474 | - | B481 D417 E474 | - | B481 D417 E474 | 11.75 11.12 11.58 |
| 5. | E522 | D452 E522 | - | B393 D452 E522 | - | B393 D452 E522 | 9.60 10.19 12.76 |

8. Kondisi saat *Client A* dan *D* mengalami kerusakan sistem.



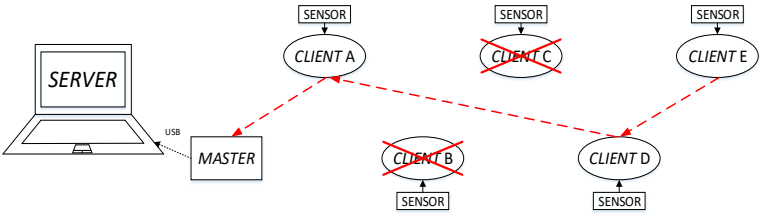
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|--------------|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E547 | - | C406 E547 | B454 C406 E547 | - | B454 C406 E547 | 11,09 9,92 13,37 |
| 2. | E523 | - | C470 E523 | B362 C470 E523 | - | B362 C470 E523 | 8,85 11,49 12,78 |
| 3. | E404 | - | C581 E404 | B340 C581 E404 | - | B340 C581 E404 | 8,31 14,20 9,87 |
| 4. | E440 | - | C326 E440 | B488 C326 E440 | - | B488 C326 E440 | 11,93 7,97 10,75 |
| 5. | E303 | - | C509 E440 | B537 C509 E440 | - | B537 C509 E440 | 13,12 12,44 10,75 |

9. Kondisi saat *Client A* dan *E* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|--------------|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D425 | C456 D425 | B441 C456 D425 | - | B441 C456 D425 | 10.78 11.14 10.39 |
| 2. | - | D483 | C464 D483 | B417 C464 D483 | - | B417 C464 D483 | 10.19 11.34 11.80 |
| 3. | - | D431 | C418 D431 | B501 C418 D431 | - | B501 C418 D431 | 12.24 10.22 10.53 |
| 4. | - | D400 | C395 D400 | B443 C395 D400 | - | B443 C395 D400 | 10.83 9.65 9.78 |
| 5. | - | D417 | C504 D417 | B378 C504 D417 | - | B378 C504 D417 | 9.24 12.32 10.19 |

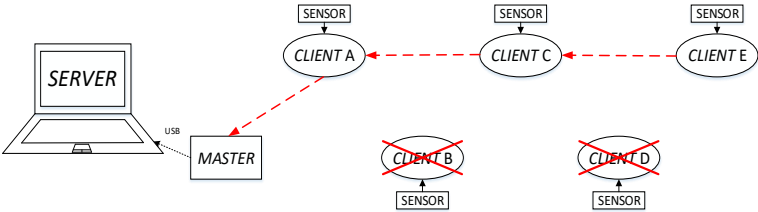
10. Kondisi saat *Client B* dan *C* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|---|---|----------------------|----------------------|------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E347 | D596 E347 | - | - | A455 D596 E347 | A455 D596 E347 | 11,12 14,57 8,48 |
| 2. | E566 | D493 | - | - | A543 | A543 | 13,27 |

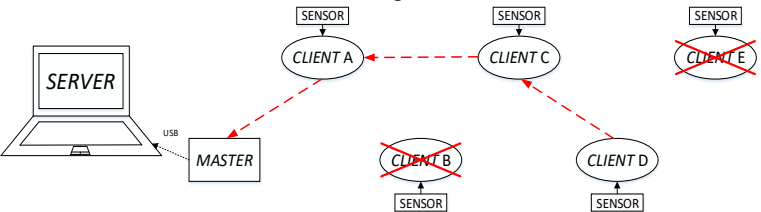
| | | | | | | | |
|----|------|--------------|---|---|----------------------|----------------------|-------------------------|
| | | E566 | | | D493 E566 | D493 E566 | 12,05 13,83 |
| 3. | E595 | D470 E595 | - | - | A562 D470 E595 | A562 D470 E595 | 13,73 11,49 14,54 |
| 4. | E559 | D426 E559 | - | - | A386 D426 E559 | A386 D426 E559 | 9,43 10,41 13,66 |
| 5. | E524 | D373 E524 | - | - | A605 D373 E524 | A605 D373 E524 | 14,78 9,12 12,81 |

11. Kondisi saat *Client* B dan D mengalami kerusakan sistem.



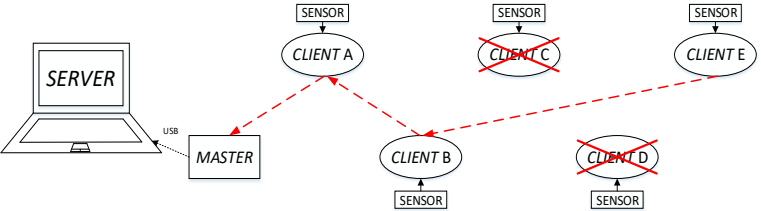
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|--------------|---|----------------------|----------------------|-------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E446 | - | C403 E446 | - | A580 C403 E446 | A580 C403 E446 | 14.17 9.85 10.90 |
| 2. | E562 | - | C464 E562 | - | A470 C464 E562 | A470 C464 E562 | 11.49 11.34 13.73 |
| 3. | E480 | - | C513 E480 | - | A391 C513 E480 | A391 C513 E480 | 9.56 12.54 11.73 |
| 4. | E538 | - | C441 E538 | - | A450 C441 E538 | A450 C441 E538 | 11.00 10.78 13.15 |
| 5. | E498 | - | C489 E498 | - | A504 C489 E498 | A504 C489 E498 | 12.32 11.95 12.17 |

12. Kondisi saat *Client B* dan *E* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|--------------|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D485 | C372 D485 | - | A560 | A560 | 13.69 |
| | | | | | C372 | C372 | 9.09 |
| | | | | | D485 | D485 | 11.85 |
| 2. | - | D530 | C454 D530 | - | A457 | A457 | 11.17 |
| | | | | | C454 | C454 | 11.09 |
| | | | | | D530 | D530 | 12.95 |
| 3. | - | D437 | C545 D437 | - | A414 | A414 | 10.12 |
| | | | | | C545 | C545 | 13.32 |
| | | | | | D437 | D437 | 10.68 |
| 4. | - | D402 | C451 D402 | - | A406 | A406 | 9.92 |
| | | | | | C451 | C451 | 11.02 |
| | | | | | D402 | D402 | 9.82 |
| 5. | - | D460 | C435 D460 | - | A461 | A461 | 11.27 |
| | | | | | C435 | C435 | 10.63 |
| | | | | | D460 | D460 | 11.24 |

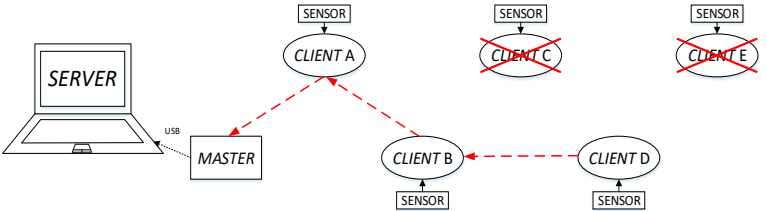
13. Kondisi saat *Client C* dan *D* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|--------------|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E316 | - | - | B310 E316 | A301 | A301 | 7,36 |
| | | | | | B310 | B310 | 7,58 |
| | | | | | E316 | E316 | 7,72 |
| 2. | E392 | - | - | B338 | A500 | A500 | 12,22 |

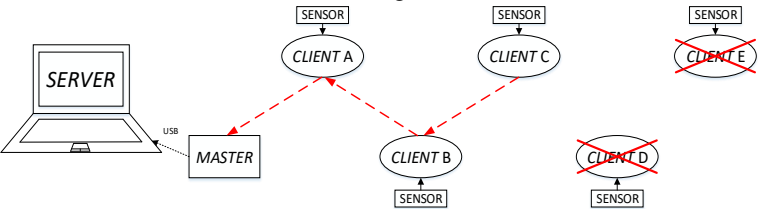
| | | | | | | | |
|----|------|---|---|--------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| | | | | E392 | B338 E392 | B338 E392 | 8,26 9,58 |
| 3. | E440 | - | - | B374 E440 | A358 B374 E440 | A358 B374 E440 | 8,75 9,14 10,75 |
| 4. | E501 | - | - | B456 E501 | A446 B456 E501 | A446 B456 E501 | 10,90 11,14 12,24 |
| 5. | E309 | - | - | B521 E309 | A392 B521 E309 | A392 B521 E309 | 9,58 12,73 7,55 |

14. Kondisi saat *Client* C dan E mengalami kerusakan sistem.



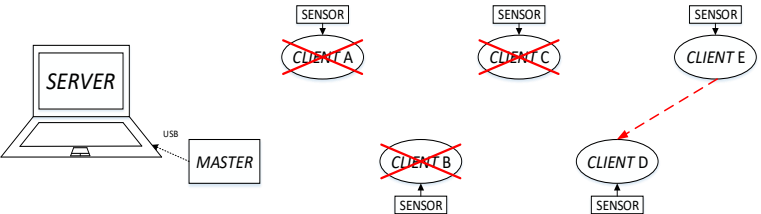
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|---|--------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D472 | - | B523 D472 | A555 B523 D472 | A555 B523 D472 | 13.56 12.78 11.53 |
| 2. | - | D506 | - | B481 D506 | A479 B481 D506 | A479 B481 D506 | 11.71 11.75 12.37 |
| 3. | - | D442 | - | B455 D442 | A436 B455 D442 | A436 B455 D442 | 10.65 11.12 10.80 |
| 4. | - | D425 | - | B437 D425 | A370 B437 D425 | A370 B437 D425 | 9.04 10.68 10.39 |
| 5. | - | D409 | - | B397 D409 | A447 B397 D409 | A447 B397 D409 | 10.92 9.70 10.00 |

15. Kondisi saat *Client D* dan *E* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|------|--------------|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | C516 | B331 C516 | A491 | A491 | 12.00 |
| | | | | | B331 | B331 | 8.09 |
| | | | | | C516 | C516 | 12.61 |
| 2. | - | - | C403 | B405 C403 | A431 | A431 | 10.53 |
| | | | | | B405 | B405 | 9.90 |
| | | | | | C403 | C403 | 9.85 |
| 3. | - | - | C453 | B466 C453 | A407 | A407 | 9.95 |
| | | | | | B466 | B466 | 11.39 |
| | | | | | C453 | C453 | 11.07 |
| 4. | - | - | C520 | B500 C520 | A439 | A439 | 10.73 |
| | | | | | B500 | B500 | 12.22 |
| | | | | | C520 | C520 | 12.71 |
| 5. | - | - | C451 | B421 C451 | A465 | A465 | 11.36 |
| | | | | | B421 | B421 | 10.29 |
| | | | | | C451 | C451 | 11.02 |

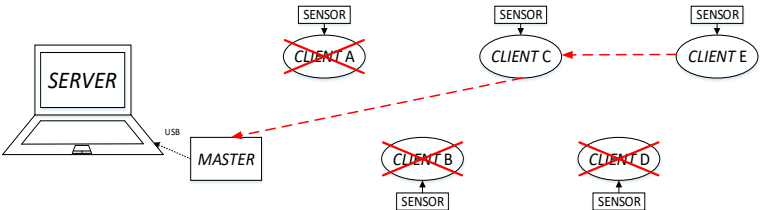
16. Kondisi saat *Client A*, *B* dan *C* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|--------------|---|---|---|--------|------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E326 | D303 E326 | - | - | - | - | - |
| 2. | E348 | D360 E348 | - | - | - | - | - |

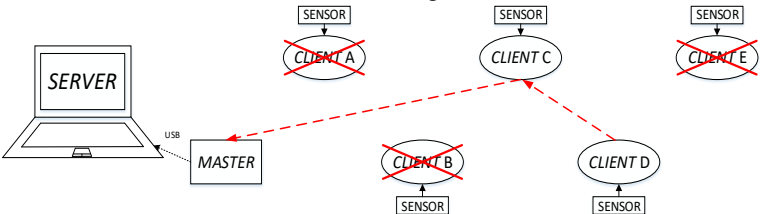
| | | | | | | | |
|----|------|--------------|---|---|---|---|---|
| 3. | E407 | D537 E407 | - | - | - | - | - |
| 4. | E485 | D583 E485 | - | - | - | - | - |
| 5. | E547 | D496 E547 | - | - | - | - | - |

17. Kondisi saat *Client A*, *B* dan *D* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|--------------|---|---|------------|----------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E480 | - | C522 E480 | - | - | 522 480 | 12,76 11,73 |
| 2. | E423 | - | C461 E423 | - | - | 461 423 | 11,27 12,78 |
| 3. | E460 | - | C388 E460 | - | - | 388 460 | 9,48 11,24 |
| 4. | E412 | - | C446 E412 | - | - | 446 412 | 10,90 10,07 |
| 5. | E387 | - | C399 E387 | - | - | 399 387 | 9,75 9,46 |

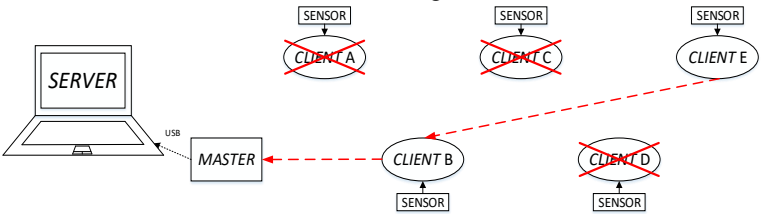
18. Kondisi saat *Client A*, *B* dan *E* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|--------------|---|---|--------------|----------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D426 | C478 D426 | - | - | C478 D426 | 11.68 10.41 |

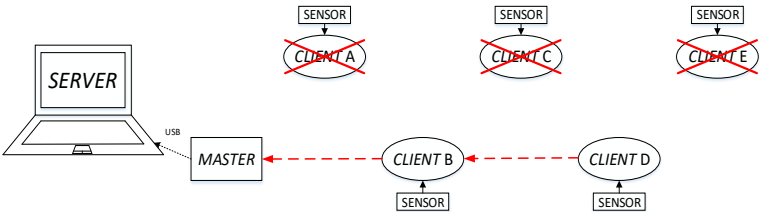
| | | | | | | | |
|----|---|------|--------------|---|---|--------------|----------------|
| 2. | - | D366 | C493 D366 | - | - | C493 D366 | 12.05 8.94 |
| 3. | - | D427 | C530 D427 | - | - | C530 D427 | 12.95 10.43 |
| 4. | - | D447 | C486 D447 | - | - | C486 D447 | 11.88 10.92 |
| 5. | - | D469 | C446 D469 | - | - | C446 D469 | 10.90 11.46 |

19. Kondisi saat *Client A, C dan D* mengalami kerusakan sistem.



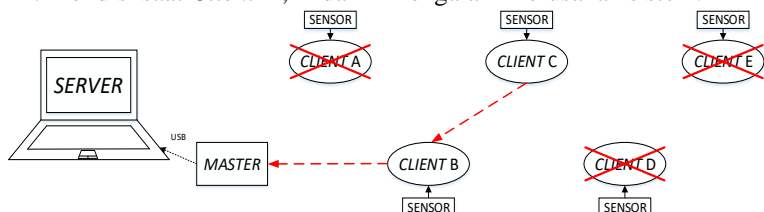
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|--------------|---|--------------|---------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E470 | - | - | B345 E470 | - | B345 E470 | 8.43 11.49 |
| 2. | E381 | - | - | B449 E381 | - | B449 E381 | 10.97 9.31 |
| 3. | E340 | - | - | B481 E340 | - | B481 E340 | 11.75 8.31 |
| 4. | E297 | - | - | B502 E297 | - | B502 E297 | 12.27 7.26 |
| 5. | E404 | - | - | B523 E404 | - | B523 E404 | 12.78 9.87 |

20. Kondisi saat *Client A, C dan E* mengalami kerusakan sistem.



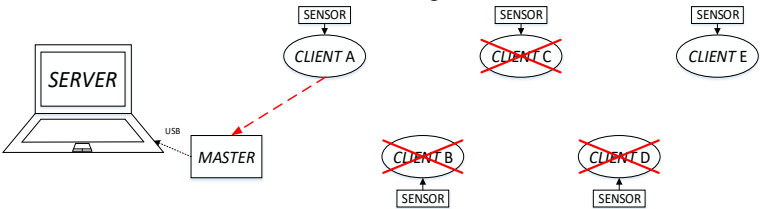
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|---|--------------|---|--------------|----------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D526 | - | B485 D526 | - | B485 D526 | 11.85 12.85 |
| 2. | - | D478 | - | B420 D478 | - | B420 D478 | 10.26 11.68 |
| 3. | - | D405 | - | B380 D405 | - | B380 D405 | 9.29 9.90 |
| 4. | - | D465 | - | B432 D465 | - | B432 D465 | 10.56 11.36 |
| 5. | - | D406 | - | B440 D406 | - | B440 D406 | 10.75 9.92 |

21. Kondisi saat *Client* A, D dan E mengalami kerusakan sistem.



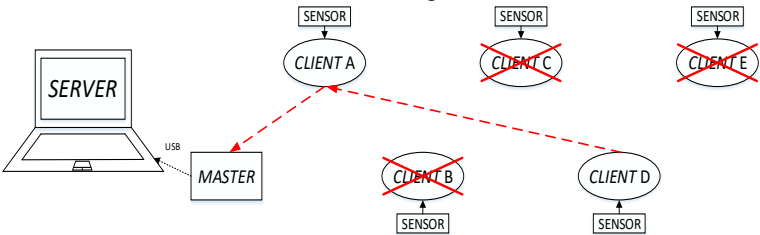
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|------|--------------|---|--------------|----------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | C524 | B466 C524 | - | B466 C524 | 11.39 12.81 |
| 2. | - | - | C543 | B431 C543 | - | B431 C543 | 10.53 13.27 |
| 3. | - | - | C416 | B362 C416 | - | B362 C416 | 8.85 10.17 |
| 4. | - | - | C427 | B468 C427 | - | B468 C427 | 11.44 10.43 |
| 5. | - | - | C473 | B407 C473 | - | B407 C473 | 9.95 11.56 |

22. Kondisi saat *Client B, C dan D* mengalami kerusakan sistem.



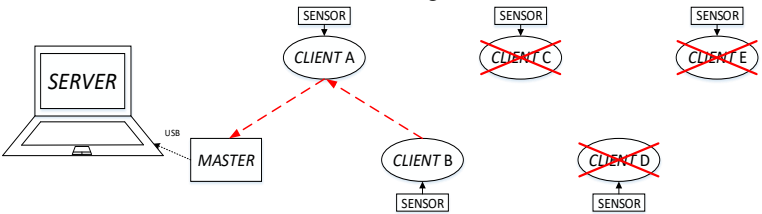
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E444 | - | - | - | A402 | A402 | 9,82 |
| 2. | E490 | - | - | - | A485 | A485 | 11,85 |
| 3. | E523 | - | - | - | A509 | A509 | 12,44 |
| 4. | E346 | - | - | - | A304 | A304 | 7,43 |
| 5. | E389 | - | - | - | A340 | A340 | 8,31 |

23. Kondisi saat *Client B, C dan E* mengalami kerusakan sistem.



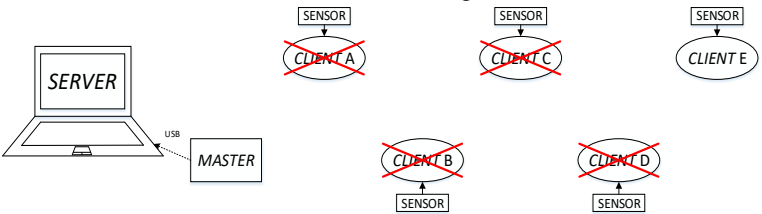
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|---|---|--------------|--------------|----------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D359 | - | - | A412 D359 | A412 D359 | 10,07 8,77 |
| 2. | - | D379 | - | - | A448 D379 | A448 D379 | 10,95 9,25 |
| 3. | - | D395 | - | - | A487 D395 | A487 D395 | 11,90 9,65 |
| 4. | - | D429 | - | - | A469 D429 | A469 D429 | 11,46 10,48 |
| 5. | - | D434 | - | - | A525 D434 | A525 D434 | 12,83 10,61 |

24. Kondisi saat *Client C, D dan E* mengalami kerusakan sistem.



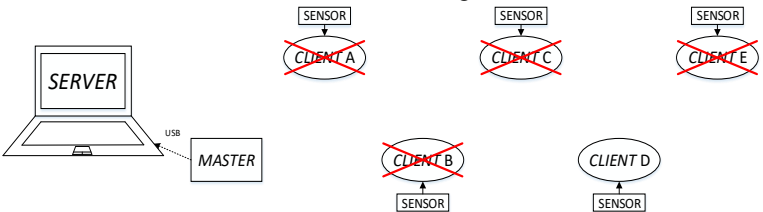
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|------|--------------|--------------|----------------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | - | B518 | A482 B518 | A482 B518 | 11,78 12,66 |
| 2. | - | - | - | B501 | A436 B501 | A436 B501 | 10,65 12,24 |
| 3. | - | - | - | B498 | A408 B498 | A408 B498 | 9,97 12,17 |
| 4. | - | - | - | B494 | A433 B494 | A433 B494 | 10,58 12,07 |
| 5. | - | - | - | B481 | A451 B481 | A451 B481 | 11,02 11,75 |

25. Kondisi saat *Client A, B, C dan D* mengalami kerusakan sistem.



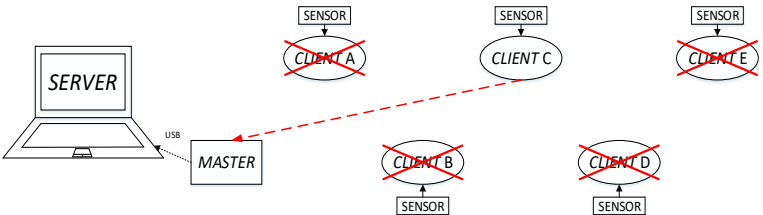
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|---|---|--------|------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | E470 | - | - | - | - | - | - |
| 2. | E342 | - | - | - | - | - | - |
| 3. | E431 | - | - | - | - | - | - |
| 4. | E398 | - | - | - | - | - | - |
| 5. | E501 | - | - | - | - | - | - |

26. Kondisi saat *Client* A, B, C dan E mengalami kerusakan sistem.



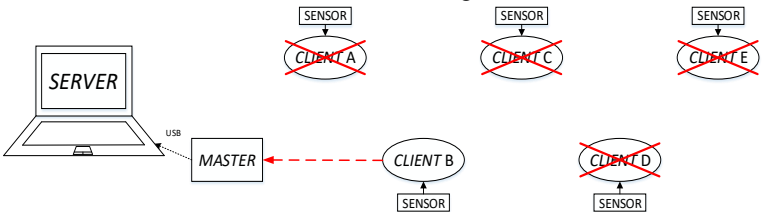
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|------|---|---|---|--------|------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | D357 | - | - | - | - | - |
| 2. | - | D499 | - | - | - | - | - |
| 3. | - | D476 | - | - | - | - | - |
| 4. | - | D491 | - | - | - | - | - |
| 5. | - | D503 | - | - | - | - | - |

27. Kondisi saat *Client* A, B, D dan E mengalami kerusakan sistem.



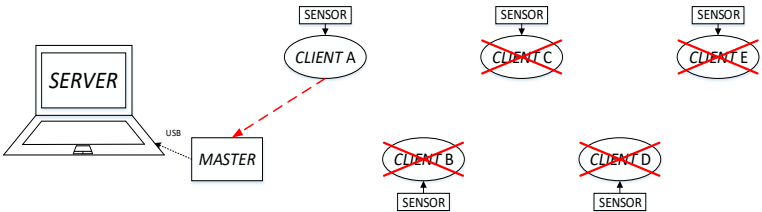
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|------|---|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | C369 | - | - | C369 | 9,02 |
| 2. | - | - | C378 | - | - | C378 | 9,24 |
| 3. | - | - | C447 | - | - | C447 | 10,92 |
| 4. | - | - | C541 | - | - | C541 | 13,22 |
| 5. | - | - | C563 | - | - | C563 | 13,72 |

28. Kondisi saat *Client A, C, D dan E* mengalami kerusakan sistem.



| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|------|---|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | - | B460 | - | B460 | 11,24 |
| 2. | - | - | - | B360 | - | B360 | 8,80 |
| 3. | - | - | - | B424 | - | B424 | 10,24 |
| 4. | - | - | - | B454 | - | B454 | 11,09 |
| 5. | - | - | - | B540 | - | B540 | 13,20 |

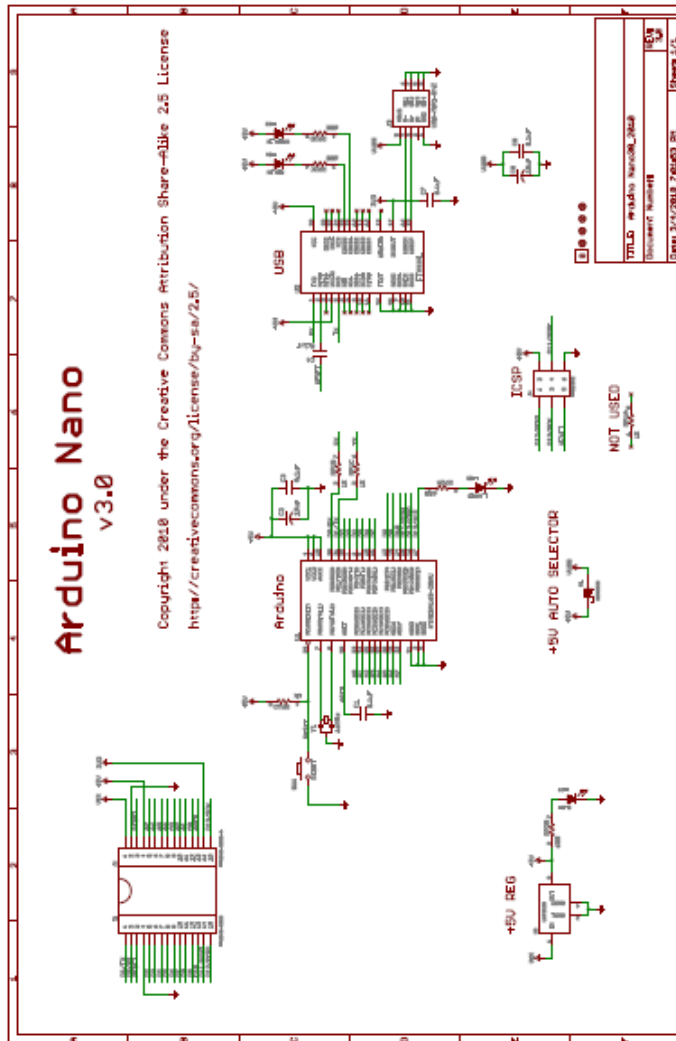
29. Kondisi saat *Client B, C, D dan E* mengalami kerusakan sistem.



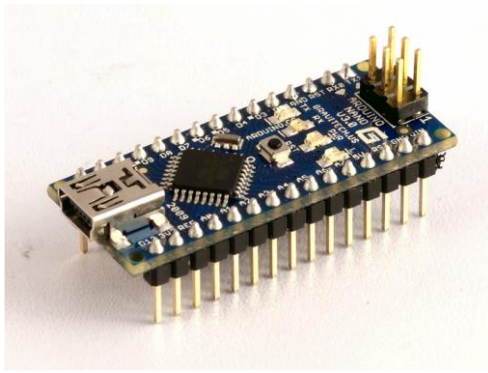
| No | Client | | | | | Master | Volt |
|----|--------|---|---|---|------|--------|-------|
| | E | D | C | B | A | | |
| 1. | - | - | - | - | A507 | A507 | 12,39 |
| 2. | - | - | - | - | A479 | A479 | 11,71 |
| 3. | - | - | - | - | A465 | A465 | 11,39 |
| 4. | - | - | - | - | A438 | A438 | 10,46 |
| 5. | - | - | - | - | A397 | A397 | 9,70 |

LAMPIRAN B

B.1 Datasheet Arduino Nano



4012201010 10:36:00 401014 C:\Users\HMD\Documents\Arduino\Arduino_Nano_V3_0\Arduino_Nano_V3_0_20101010_103600_11



Product Overview

The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328 (Arduino Nano 3.0) or ATmega168 (Arduino Nano 2.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Nano was designed and is being produced by Gravitech.

Summary

| | |
|---------------------------------|---|
| Microcontroller | Atmel ATmega168 or ATmega328 |
| Operating Voltage (logic level) | 5 V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12 V |
| Input Voltage (limits) | 6-20 V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 8 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| Flash Memory | 16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader |
| SRAM | 1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Dimensions | 0.73" x 1.70" |

Power

The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

The FTDI FT232RL chip on the Nano is only powered if the board is being powered over USB. As a result, when running on external (non-USB) power, the 3.3V output (which is supplied by the FTDI chip) is not available and the RX and TX LEDs will flicker if digital pins 0 or 1 are high.

Memory

The ATmega168 has 16 KB of flash memory for storing code (of which 2 KB is used for the bootloader); the ATmega328 has 32 KB, (also with 2 KB used for the bootloader). The ATmega168 has 1 KB of SRAM and 512 bytes of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)); the ATmega328 has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM.

Each of the 14 digital pins on the Nano can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the FTDI USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Nano has 8 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I2C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega168 ports](#).

B.2 Datasheet nRF24L01+

1.2 Block diagram

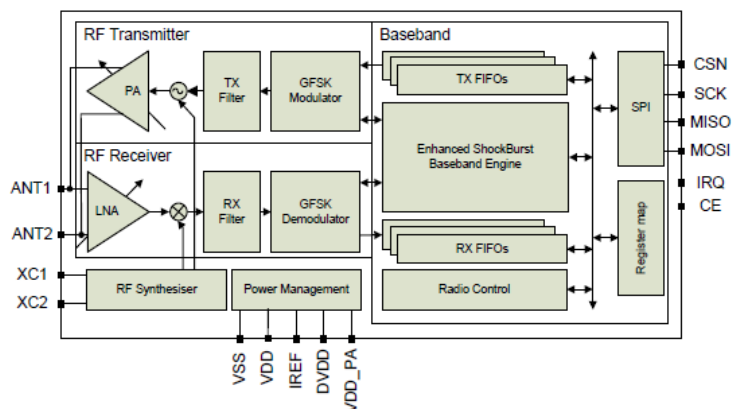


Figure 1. nRF24L01+ block diagram

2.2 Pin functions

| Pin | Name | Pin function | Description |
|-----|--------|----------------|--|
| 1 | CE | Digital Input | Chip Enable Activates RX or TX mode |
| 2 | CSN | Digital Input | SPI Chip Select |
| 3 | SCK | Digital Input | SPI Clock |
| 4 | MOSI | Digital Input | SPI Slave Data Input |
| 5 | MISO | Digital Output | SPI Slave Data Output, with tri-state option |
| 6 | IRQ | Digital Output | Maskable interrupt pin. Active low |
| 7 | VDD | Power | Power Supply (+1.9V - +3.6V DC) |
| 8 | VSS | Power | Ground (0V) |
| 9 | XC2 | Analog Output | Crystal Pin 2 |
| 10 | XC1 | Analog Input | Crystal Pin 1 |
| 11 | VDD_PA | Power Output | Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to ANT1 and ANT2 as shown in Figure 29 . |
| 12 | ANT1 | RF | Antenna interface 1 |
| 13 | ANT2 | RF | Antenna interface 2 |
| 14 | VSS | Power | Ground (0V) |
| 15 | VDD | Power | Power Supply (+1.9V - +3.6V DC) |
| 16 | IREF | Analog Input | Reference current. Connect a 22kΩ resistor to ground. See Figure 29 . |
| 17 | VSS | Power | Ground (0V) |
| 18 | VDD | Power | Power Supply (+1.9V - +3.6V DC) |
| 19 | DVDD | Power Output | Internal digital supply output for de-coupling purposes. See Figure 29 . |
| 20 | VSS | Power | Ground (0V) |

Table 1. nRF24L01+ pin function

3 Absolute maximum ratings

Note: Exceeding one or more of the limiting values may cause permanent damage to nRF24L01+.

| Operating conditions | Minimum | Maximum | Units |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|
| Supply voltages | | | |
| V _{DD} | -0.3 | 3.6 | V |
| V _{SS} | | 0 | V |
| Input voltage | | | |
| V _I | -0.3 | 5.25 | V |
| Output voltage | | | |
| V _O | V _{SS} to V _{DD} | V _{SS} to V _{DD} | |
| Total Power Dissipation | | | |
| P _D (T _A =85°C) | | 60 | mW |
| Temperatures | | | |
| Operating Temperature | -40 | +85 | °C |
| Storage Temperature | -40 | +125 | °C |

Table 2. Absolute maximum ratings

4 Operating conditions

| Symbol | Parameter (condition) | Notes | Min. | Typ. | Max. | Units |
|-----------------|---------------------------------------|-------|------|------|------|-------|
| V _{DD} | Supply voltage | | 1.9 | 3.0 | 3.6 | V |
| V _{DD} | Supply voltage if input signals >3.6V | | 2.7 | 3.0 | 3.3 | V |
| TEMP | Operating Temperature | | -40 | +27 | +85 | °C |

Table 3. Operating conditions

5 Electrical specifications

Conditions: V_{DD} = +3V, V_{SS} = 0V, T_A = -40°C to +85°C

5.1 Power consumption

| Symbol | Parameter (condition) | Notes | Min. | Typ. | Max. | Units |
|-----------------------|--|-------|------|------|------|-------|
| Idle modes | | | | | | |
| I _{VDD_PD} | Supply current in power down | | | 900 | | nA |
| I _{VDD_ST1} | Supply current in standby-I mode | a | | 26 | | μA |
| I _{VDD_ST2} | Supply current in standby-II mode | | | 320 | | μA |
| I _{VDD_SU} | Average current during 1.5ms crystal oscillator startup | | | 400 | | μA |
| Transmit | | | | | | |
| I _{VDD_TX0} | Supply current @ 0dBm output power | b | | 11.3 | | mA |
| I _{VDD_TX6} | Supply current @ -6dBm output power | b | | 9.0 | | mA |
| I _{VDD_TX12} | Supply current @ -12dBm output power | b | | 7.5 | | mA |
| I _{VDD_TX18} | Supply current @ -18dBm output power | b | | 7.0 | | mA |
| I _{VDD_AVG} | Average Supply current @ -6dBm output power, ShockBurst™ | c | | 0.12 | | mA |
| I _{VDD_TXS} | Average current during TX settling | d | | 8.0 | | mA |
| Receive | | | | | | |
| I _{VDD_2M} | Supply current 2Mbps | | | 13.5 | | mA |
| I _{VDD_1M} | Supply current 1Mbps | | | 13.1 | | mA |
| I _{VDD_250} | Supply current 250kbps | | | 12.6 | | mA |
| I _{VDD_RXS} | Average current during RX settling | e | | 8.9 | | mA |

5.2 General RF conditions

| Symbol | Parameter (condition) | Notes | Min. | Typ. | Max. | Units |
|-------------------|---|-------|------|-----------|------|-------|
| f_{OP} | Operating frequency | a | 2400 | | 2525 | MHz |
| PLL_{res} | PLL Programming resolution | | | 1 | | MHz |
| f_{XTAL} | Crystal frequency | | | 16 | | MHz |
| Δf_{250} | Frequency deviation @ 250kbps | | | ± 160 | | kHz |
| Δf_{1M} | Frequency deviation @ 1Mbps | | | ± 160 | | kHz |
| Δf_{2M} | Frequency deviation @ 2Mbps | | | ± 320 | | kHz |
| R_{QFSK} | Air Data rate | b | 250 | | 2000 | kbps |
| $F_{CHANNEL\ 1M}$ | Non-overlapping channel spacing @ 250kbps 1Mbps | c | | 1 | | MHz |
| $F_{CHANNEL\ 2M}$ | Non-overlapping channel spacing @ 2Mbps | c | | 2 | | MHz |

a. Regulatory standards determine the band range you can use.

b. Data rate in each burst on-air

c. The minimum channel spacing is 1MHz

Table 5. General RF conditions

5.3 Transmitter operation

| Symbol | Parameter (condition) | Notes | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---------------|--|-------|------|------|---------|-------|
| P_{RF} | Maximum Output Power | a | | 0 | +4 | dBm |
| P_{RFC} | RF Power Control Range | | 16 | 18 | 20 | dB |
| P_{RFCR} | RF Power Accuracy | | | | ± 4 | dB |
| P_{BW2} | 20dB Bandwidth for Modulated Carrier (2Mbps) | | | 1800 | 2000 | kHz |
| P_{BW1} | 20dB Bandwidth for Modulated Carrier (1Mbps) | | | 900 | 1000 | kHz |
| P_{BW250} | 20dB Bandwidth for Modulated Carrier (250kbps) | | | 700 | 800 | kHz |
| $P_{RF1.2}$ | 1 st Adjacent Channel Transmit Power 2MHz (2Mbps) | | | | -20 | dBc |
| $P_{RF2.2}$ | 2 nd Adjacent Channel Transmit Power 4MHz (2Mbps) | | | | -50 | dBc |
| $P_{RF1.1}$ | 1 st Adjacent Channel Transmit Power 1MHz (1Mbps) | | | | -20 | dBc |
| $P_{RF2.1}$ | 2 nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz (1Mbps) | | | | -45 | dBc |
| $P_{RF1.250}$ | 1 st Adjacent Channel Transmit Power 1MHz (250kbps) | | | | -30 | dBc |
| $P_{RF2.250}$ | 2 nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz (250kbps) | | | | -45 | dBc |

a. Antenna load impedance = $15\Omega + j88\Omega$

Table 6. Transmitter operation

| Datarate | Symbol | Parameter (condition) | Notes | Min. | Typ. | Max. | Units |
|----------|--------------------|---|-------|------|------|------|-------|
| 2Mbps | C/I _{CO} | C/I Co-channel | | | 7 | | dBc |
| | C/I _{1ST} | 1 st ACS (Adjacent Channel Selectivity) C/I 2MHz | | | 3 | | dBc |
| | C/I _{2ND} | 2 nd ACS C/I 4MHz | | | -17 | | dBc |
| | C/I _{3RD} | 3 rd ACS C/I 6MHz | | | -21 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 12\text{MHz}$ | | | -40 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 36\text{MHz}$ | * | | -48 | | dBc |
| 1Mbps | C/I _{CO} | C/I Co-channel | | | 9 | | dBc |
| | C/I _{1ST} | 1 st ACS C/I 1MHz | | | 8 | | dBc |
| | C/I _{2ND} | 2 nd ACS C/I 2MHz | | | -20 | | dBc |
| | C/I _{3RD} | 3 rd ACS C/I 3MHz | | | -30 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 6\text{MHz}$ | | | -40 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 25\text{MHz}$ | * | | -47 | | dBc |
| 250kbps | C/I _{CO} | C/I Co-channel | | | 12 | | dBc |
| | C/I _{1ST} | 1 st ACS C/I 1MHz | | | -12 | | dBc |
| | C/I _{2ND} | 2 nd ACS C/I 2MHz | | | -33 | | dBc |
| | C/I _{3RD} | 3 rd ACS C/I 3MHz | | | -38 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 6\text{MHz}$ | | | -50 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 25\text{MHz}$ | * | | -60 | | dBc |

a. Narrow Band (In Band) Blocking measurements:

0 to $\pm 40\text{MHz}$; 1MHz step size

For interferer frequency offsets $n \times 2 \times f_{\text{total}}$, blocking performance is degraded by approximately 5dB compared to adjacent figures.

Table 8. RX selectivity according to ETSI EN 300 440-1 V1.3.1 (2001-09) page 27

| Datarate | Symbol | Parameter (condition) | Notes | Min. | Typ. | Max. | Units |
|----------|--------------------|---|-------|------|------|------|-------|
| 2Mbps | C/I _{CO} | C/I Co-channel (Modulated carrier) | | | 11 | | dBc |
| | C/I _{1ST} | 1 st ACS C/I 2MHz | | | 4 | | dBc |
| | C/I _{2ND} | 2 nd ACS C/I 4MHz | | | -18 | | dBc |
| | C/I _{3RD} | 3 rd ACS C/I 6MHz | | | -24 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 12\text{MHz}$ | | | -40 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 36\text{MHz}$ | * | | -48 | | dBc |
| 1Mbps | C/I _{CO} | C/I Co-channel | | | 12 | | dBc |
| | C/I _{1ST} | 1 st ACS C/I 1MHz | | | 8 | | dBc |
| | C/I _{2ND} | 2 nd ACS C/I 2MHz | | | -21 | | dBc |
| | C/I _{3RD} | 3 rd ACS C/I 3MHz | | | -30 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 6\text{MHz}$ | | | -40 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 25\text{MHz}$ | * | | -50 | | dBc |
| 250kbps | C/I _{CO} | C/I Co-channel | | | 7 | | dBc |
| | C/I _{1ST} | 1 st ACS C/I 1MHz | | | -12 | | dBc |
| | C/I _{2ND} | 2 nd ACS C/I 2MHz | | | -34 | | dBc |
| | C/I _{3RD} | 3 rd ACS C/I 3MHz | | | -39 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 6\text{MHz}$ | | | -50 | | dBc |
| | C/I _{Nth} | N th ACS C/I, $f_i > 25\text{MHz}$ | * | | -60 | | dBc |

| Datarate | Symbol | Parameter (condition) | Note | Min. | Typ. | Max. | Units |
|----------|----------|---|------|------|------|------|-------|
| 2Mbps | P_IM(6) | Input power of IM interferers at 6 and 12MHz offset from wanted signal | | | -42 | | dBm |
| | P_IM(8) | Input power of IM interferers at 8 and 16MHz offset from wanted signal | | | -38 | | dBm |
| | P_IM(10) | Input power of IM interferers at 10 and 20MHz offset from wanted signal | | | -37 | | dBm |
| 1Mbps | P_IM(3) | Input power of IM interferers at 3 and 6MHz offset from wanted signal | | | -36 | | dBm |
| | P_IM(4) | Input power of IM interferers at 4 and 8MHz offset from wanted signal | | | -36 | | dBm |
| | P_IM(5) | Input power of IM interferers at 5 and 10MHz offset from wanted signal | | | -36 | | dBm |
| 250kbps | P_IM(3) | Input power of IM interferers at 3 and 6MHz offset from wanted signal | | | -36 | | dBm |
| | P_IM(4) | Input power of IM interferers at 4 and 8MHz offset from wanted signal | | | -36 | | dBm |
| | P_IM(5) | Input power of IM interferers at 5 and 10MHz offset from wanted signal | | | -36 | | dBm |

Note: Wanted signal level at Pin = -64 dBm. Two Interferers with equal Input power are used. The Interferer closest in frequency is unmodulated, the other interferer is modulated equal with the wanted signal. The input power of Interferers where the sensitivity equals BER = 0.1% is presented.

Table 10. RX Intermodulation test performed according to Bluetooth Specification version 2.0

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Christian Agung Wicaksono
TTL : Serang, 21 Februari 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Kristen
Alamat Rumah : Bumi Serang Baru DD18 No. 29 Serang Banten
Telpon/HP : 081646029410
E-mail : christianagung21@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002 – 2008 : SDK BPK Penabur Kota Serang
2. 2008 – 2011 : SMP Negeri 1 Kota Serang
3. 2011 – 2014 : SMA Prisma Kota Serang
4. 2015 – 2018 : Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi - Institut Teknologi
Sepuluh Nopember Surabaya

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. Aneka Gas Industri Tbk. Sidoarjo Jawa Timur

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Elektro ITS 2016-2017
2. Ketua Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Elektro ITS 2017-2018
3. Anggota Laboratorium Elektronika Dasar BB102 Departemen Teknik Elektro Otomasi ITS 2017-2018

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----